

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ İLE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ TABANLI SÜREÇLERİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE MERMER OCAK İŞLETMELERİNDE BİR UYGULAMA

Work Safety and Health Based Process Improvement Analysis by Using FMEA and Application in Marble Quarry Works

Geliş (received) 08 Nisan (April) 2009; Kabul (accepted) 10 Temmuz (July) 2009

Metin ERSOY (*)
Ali ELEREN (**)
Şevki ŞİMŞEK (***)

ÖZET

Mermer, maden ürünleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Mermer sektöründe işletmeler ocak ve mermer işleme olmak üzere iki temel grupta değerlendirilebilir. İş sağlığı ve güvenliği açısından bu iki grup işletmenin sorunları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmanın kapsamı birinci grup işletmelerle sınırlı olup, iş sağlığı ve güvenliği konusundaki risklerin "hata türü ve etkileri analizi (HTEA)" yöntemi ile değerlendirilmesi ve süreçlerin iyileştirilmesi üzerine odaklıdır. Yöntemde kullanılan risk faktörlerine dair veriler, Afyonkarahisar ilinde son beş yıl içinde gerçekleşmiş iş sağlığı ve güvenliği vaka kayıtları ve anket sonuçları incelenerek elde edilmiştir.

Çalışmanın amacı, mermer ocak işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği odaklı süreç geliştirme faaliyetlerinde, süreçlerin analizi ve alt süreçlerde risklerin HTEA yöntemi ile değerlendirilmesidir. Bu amaçla ilk bölümlerde literatür, genel bilgiler ve metodoloji verilmekte, uygulama aşamasında ise risk öncelik göstergesi hesaplanmakta ve risk önceliğine göre tüm hata türleri sıralanmaktadır. Veriler bu şekilde, daha sonra yapılacak bir süreç geliştirme/iyileştirme programında kullanılabilir hale gelmektedir.

Anahtar Sözcükler: HTEA, Mermer Ocak İşletmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği, Risk Analizi, Süreç İyileştirme

ABSTRACT

Marble has an important place in mineral products. Marble industry works can be assessed in two main groups, namely, marble quarries and marble processing. Occupational health and safety issues in terms of business between the two groups are different. The scope of this study is limited to the first group, and the focus is placed on the assessment of occupational health and safety risks through the "failure modes and effects analysis (FMEA)" method and on improving processes. The data on risk factors used in the study were obtained by inspecting the occupational health and safety records and questionnaires of the last five years in Afyonkarahisar province.

The purpose of the study is the analysis of processes in the occupational-health-and-safety-based process improvement activities in marble quarries and also the assessment of risks in the sub-processes with the use of the FMEA method. For this purpose, firstly, the pertinent literature, general information and methodology are provided; then, in the implementation phase, risk priority is calculated and all types of failure are ranked according to the risk priority. Thus, the data take the form to be useful for a subsequent process development / improvement program.

Keywords: FMEA, Marble Quarry, Occupational Health and Safety, Risks Analysis, Process Improvement

(*) Yrd.Doç.Dr. Afyon Kocatepe Üni., Ali Çetinkaya Kampüsü, 03200, Afyonkarahisar. metinersoy@aku.edu.tr

(**) Yrd.Doç.Dr. Afyon Kocatepe Üni., İkt. ve İd.Bil.Fak., A. Necdet Sezer Kampüsü, 03100, Afyonkarahisar.

(***) Maden Mühendisi, Nazmi Saatçi Cad. Gürbüz Sitesi A/6 Blok No:9 Afyonkarahisar

1. GİRİŞ

Mermer ve doğaltaş işletmeleri, ocak işletmeciliği ve tesis işletmeciliği safhası olarak iki grupta değerlendirilmektedir. Ocak işletmeciliğinde mermerin blok olarak elde edilmesi amaçlanmaktadır ve bu konuda çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Tesis işletmeciliğinde ise ocakta üretilen blokların ebatlanarak önce plaka veya levhalar sonra isteğe göre fayans, tezgâh, evye vb. gibi mamuller üretilmektedir.

Ocaktan işletme aşamasına kadar mermerin geçirdiği süreçlerde, gerek üretim bölgelerindeki yapısal bozukluklardan gerekse süreç içerisindeki yanlış uygulamalardan dolayı maliyetler artmaktadır. Tüm süreçlerde verimsizliğe sebep olan faktörlerin, sahanın doğal koşullarının dışında, işgücü ve teknoloji üzerinde yoğunlaştığı dikkati çekmektedir.

İş güvenliği ve işçi sağlığı konusu tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz çalışma hayatı için de önemli sorunlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan istatistiklere göre; ülkemizde, takriben her 6,8 dakikada bir iş kazasının meydana geldiği, her 10,8 saatte bir çalışan insanımızın (her gün en az 2 çalışan) hayatını kaybettiği, her 5,5 saatte bir çalışan insanımızın sürekli iş göremez şekilde sakat kaldığı belirtilmektedir. Çalışanların, çalışma yaşamındaki ekonomik ve sosyal sorunları, eğitimsizlik, çalışanların ve/veya işi yapan firmaların deneyimsizliği, işverenlerin sorumluluklarını yerine getirmemesi kazaları kaçınılmaz hale getirmektedir (Torun ve Doğan, 2007).

Ülkemizde mermercilik sektörünün içinde yer aldığı madencilik sektörü açısından da durum pek farklı değildir. Yönetmeliklerde yapılan iyileştirmelere rağmen, yapılan incelemeler, iş kazaları ve meslek hastalıklarının dünya standartlarının çok üzerinde değerlerde olduğunu göstermektedir (Anon (b), 2008).

Bu çalışmada da anlatılmaya çalışıldığı üzere, iş kazaları ve meslek hastalıklarının sonuçları sadece çalışanları ve işverenleri etkilemekle kalmayıp, devletimizi dolayısıyla tüm toplumu etkilemektedir. Tüm bu yasa, tüzük ve yönetmelikler, gelişen teknoloji ve yaşam standartlarının gereklerini karşılayamamakta, içerik, planlama, uygulama, örgütlenme ve denetimler açısından noksanlıklar içermektedir.

İşyerlerinde meydana gelen kazaların, temelde bireyin çalışma ortamına adapte olamamasından doğduğu ve bunun bireyin kendisinden, ortamdaki ya da her iki etkenden de kaynaklandığı göz önüne alındığında, kişi ya da makina kaynaklı kaza oluşturabilecek riskli alanların önceden belirlenmesi ve önlem alınması yararlı olacaktır.

Mermer işletmeciliği gerek ocak gerekse işleme süreçlerinde işgücü ve teknolojinin ortaklaşa kullanıldığı, çalışma şartları olarak ağır ve riskli bir sektördür. Mermerin yoğunluğunun yüksekliği ve dolayısıyla mermer bloklarının tonlarca ağırlıkta olmalarından dolayı çıkartılması, taşınması ve işlenmesi aşamalarında işgücü açısından önemli riskler taşımaktadır. Ezilme, düşme ve iş makinelerinden kaynaklanan, uzuv ve can kayıpları yüksek kazalar ile solunum yollarına dayalı kalıcı rahatsızlıklar sürekli görülen riskleri oluşturmaktadır (Şimşek, 2008).

İş sağlığı ve güvenliği odaklı iyileştirme problemlerinde süreç analiz ve iyileştirme yöntemleri kolaylıkla uygulanabilmektedir. Bu yöntemlerde öncelikli olarak yapılacak çalışma risk analizidir ve buna bağlı olarak sürecin tanımlanması, potansiyel hata ve risklerin belirlenmesi ve bu risklerin en az düzeye indirilmesine çalışılmasıdır.

Bu konuda nicel ve nitel yöntemler olarak istatistiksel, matematiksel ve simülasyona dayalı birçok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemlerden nitel değerlendirmeye açık olması, kolay ve pratik uygulanabilirliği açısından "Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)" öne çıkmaktadır.

Çalışmanın konusu mermer ocak işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği odaklı süreç iyileştirme çalışmalarının ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu amaçla çalışma literatür bilgisi, metodoloji ve sektör üzerinde uygulama aşamalarından oluşmaktadır.

2. LİTERATÜR BİLGİSİ

HTEA konusunda birçok yazara ait çalışmalar bulunmaktadır. Genellikle çalışmalar, ürün ve süreç geliştirme üzerinde yoğunlaşmaktadır (Çizelge 1).

Günümüzde çalışmaların, yaygınlaşan bulanık mantık, çok kriterli karar verme, yapay sinir

ağları, simülasyon, vb. yöntemlerle birlikte yapıldığı görülmektedir. HTEA analizinin önemli bir parçası olan risk öncelik göstergesinin hesaplanması ve buna göre risk faktörlerinin sıralanması aşamasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci veya Fuzzy TOPSIS yöntemlerinin kullanılması örnek olarak verilebilir.

3. MERMER OCAK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Mermer üretimi açık ocak veya yeraltı ocak işletme yöntemleri uygulanarak yapılır. Mermer üretiminin diğer madenlerin üretim yöntemlerinden en büyük farkı mermerin ya da doğaltaşın büyük kütleler halinde çıkarılma zorunluluğudur. Bu amaçla mermer bloklar yıllar boyu birçok farklı yöntemle üretilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 1. HTEA'nın Tanıtılması ve Bugüne Kadar Yapılan Çalışmalar (Eleren, 2007)

YIL	YAZARLAR	ÇALIŞMA KONUSU
1978	LEGG	Mühendislere HTEA yönteminin tanıtılması amaçlanmıştır
1992	KARA vd.	Risk önem düzeylerinin belirlenmesine çalışılmıştır.
1993	GILCHRIST	Maliyet analizleri ve bu amaçla maliyet artıran risklerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.
1996	PRICE	Isı sistemlerinde oluşan risklerin değerlendirilmesine çalışılmıştır.
1998	VANDENBRANDE	Çevresel risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi üzerine çalışılmıştır.
2000	YILMAZ	Kalite geliştirme problemlerinde HTEA yönteminin nasıl kullanılacağı incelenmiştir.
2000	HOUTEN ve KIMURA	Sanal ürün tasarımı ve görsel bakım sistemleri geliştirilmesinde kullanmışlardır.
2000	CRISTIANO vd.	Ürün yönetiminde kalite geliştirme modeli üzerinde çalışmışlardır.
2001	SANKAR ve PRABHU	Risklerin önem düzeylerine göre sıralanması üzerine çalışılmıştır
2002	PRICE ve TAYLOR	Hata/risk olasılıklarının simülasyon yardımıyla belirlenmesine çalışılmıştır.
2002	SCIPIONI vd.	Üretim döngüsünde HACCP sistemine uygun operasyonel performansın artırılmasında kullanılmış ve bir İtalyan gıda işletmesinde uygulanmıştır.
2003	SEUNG ve KOSUKE	Bir imalat sürecinde maliyet tabanlı htea yönteminin uygulanmasına çalışılmıştır.
2003	ERYÜREK ve TANYAŞ	Maliyet artıran riskler ELECTRE yöntemi ile sıralanmış ve HTEA ile değerlendirilerek azaltılmaya çalışılmış.
2004	MUSUBEYLİ ERGİNEL	Müşteri beklentilerinin AHP yöntemi ile değerlendirilmesi ve sonrasında HTEA' da uygulanması
2004	TEOH ve CASE	Bilgi tabanlı modellerde verilerin analiz edilmesinde kullanılmıştır ve bu amaçla yazılım tasarımı yapılmıştır.
2004	TARI ve SABATER	TKY'de kullanılan kalite geliştirme yöntemleri ve sonuçlara etkileri değerlendirilmektedir. Bu amaçla vaka analizi üzerinde bazı kritik faktörler belirlenerek süreç kalite için geliştirilmeye çalışılmaktadır.
2005	ATMACA	Otomotiv sektöründe kalite yönetim sistemlerinin geliştirilmesinde istatistiksel çalışmalarla HTEA'nın uygulanabilirliği araştırılmıştır.
2005	LAUL vd.	Kimya sektöründe çalışanlar üzerinde kimyasalların olumsuz etkilerini incelerken HTEA analizinden yararlanmışlardır.
2005	GARCIA vd.	Risklerin belirlenmesi ve sıralanmasında Fuzzy DEA yöntemi kullanılmıştır
2005	KILIÇ	İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği yönetim sistemlerinde bir metod olarak FMEA yöntemini incelemiştir.
2005	LEWIS	Teknoloji eğitiminde ideal ve başarılı bir sürecin geliştirilmesinde uygulanabilir yöntemler ele almakta ve bunlardan birini de HTEA olarak tanıtmaktadır.
2006	HO ve XIE	Çalışma yüksek öğrenimde 6 sigma çerçevesinin uygulanmasının fizibilitesi üzerine uygulanmıştır. İçinde HTEA analizine de yer verilmiştir. Burada 6 sigma uygulanabilirliğinin belirlenmesindeki amaç mühendislik eğitim sürecinde başarılı ve etkin eğitim süreci planlamasıdır.
2007	SU ve CHOU	Altı Sigma projelerinde kriterlerin önem düzeylerine göre AHP ile değerlendirilmesi ve sonrasında her proje için risk analizinin HTEA ile yapılmasını amaçlamıştır.
2007	PLAZA ve MEDRANO	Çalışmada, iki yıl kadar süren elektronik laboratuvar kursunda kalite felsefesinin yerleşmesi ve dolayısıyla eğitim kalitesinin ve başarısının artması üzerine hazırlanmıştır. İki hedef bulunmaktadır: Birincisi öğrencilerle ilgili problemlerin yönetimi ve sürekli iyileşme; ikincisi de öğrencilerin seviyelerinde ve başarılarında istenen artışın sağlanmasıdır. Bu çalışmada eğitimde problemlerin belirlenmesi ve analizinde FMEA uygulanmıştır.
2007	ELEREN ve ELİTAŞ	Hedef maliyetleme yöntemi uygulayan bir işletmede maliyetleri artıran risklerin belirlenmesinde HTEA analizinin uygulanması yer almaktadır.

En az üç yüzeyi serbestleştirilmiş ve basamakları oluşturulmuş bir mermer işletmesinde blok üretiminin aşamaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- ✓ Kesim bölgesinin temizlenmesi ve süreksizliklerin tayini
- ✓ Delme ve kesme noktalarının belirlenmesi
- ✓ Çalışacak delme veya kesme makinalarının kurulması
- ✓ Blok yüzeylerinin kesilmesi ve bloğun serbestleştirilmesi
- ✓ Bloğun ana kütlede devrilmesi ve/veya ötelenmesi
- ✓ Bloğun sayalama bölgesine taşınması ve kenarlarının düzeltilmesi
- ✓ Bloğun stoklanması veya yüklenerek tesise nakledilmesi

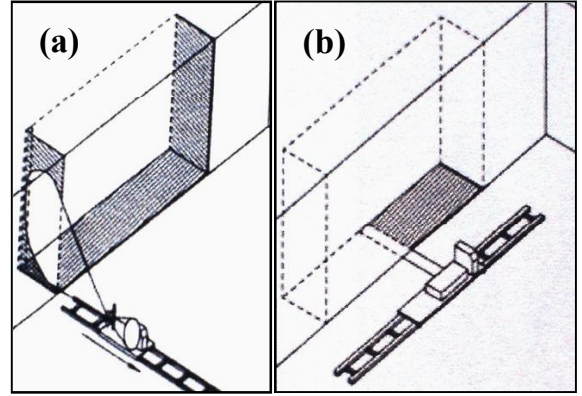
Üretim aşamalarından da anlaşılacağı gibi, üretim yönteminin türünü belirleyen en önemli faktör, bloğun ana kütlede kesilerek serbestleşmesi işleminde uygulanan yöntemdir. Günümüzde en yaygın olarak tercih edilen yöntemler, elmas telle kesme ve kumlu kesicilerle kesme yöntemleridir.

Elmas telle kesme yöntemi özetle, birbirine dik ve birbiriyle kavuşan üç delik açılması, önce deliklerin ikisinden elmas boncuklu telin geçirilmesi, iki ucunun tele burğu verdikten sonra birbirine bağlanması, bu telin kesme makinasının volanından da geçirilerek gerdirilmesi şeklinde kesime hazırlandıktan sonra volanın dönmesiyle telin delikler içerisinde hareket etmesi, volanın bağlı olduğu makinanın ray üzerinde geriye doğru çekilmesi ve kesme alanlarına su verilerek kesimin gerçekleştirilmesi şeklindedir (Şekil 1) (Eleren ve Ersoy, 2007).

Kumlu kesicilerle kesme yönteminde ise, zincirli ya da bantlı kumlu kesici makinalar kullanılır. Bu makinalar otomatik ağaç kesme makinalarının kayalık kesimi için tasarlanmış bir versiyonudur. Kesme, ray döşenmesi, ray üzerine makinanın oturtulması ve makinarya başlama komutu verilmesi şeklinde uygulanır. Uygulamanın basitliği yanında, hızlı üretim ve güvenlik en önemli avantajıdır (Eleren ve Ersoy, 2007).

4. MERMER OCAKLARINDA İŞ KAZALARI

Madencilik faaliyetleri, endüstrinin en riskli ve uğraş isteyen dalıdır. Bu nedenledir ki madencilik



Şekil 1 Elmas telle (a) ve kumlu kesicilerle (b) kesme yöntemlerinin şematik görünüşleri (Anon (c), 2003).

faaliyetleri sırasında işçiler iş kazasına veya meslek hastalığına maruz kalabilmektedir. İş kazasının nedenleri, işçilerin ve işverenin hataları olmak üzere iki ana grupta incelenebilir. Mermer ocaklarında sıkça karşılaşılan kaza türleri (Şimşek, 2008):

- İşçinin, dalgınlıkla ya da çalışma alanı koşullarından dolayı basamaktan düşmesi,
- İşçinin üzerine, yükleme boşaltma faaliyetleri sırasında parça düşmesi,
- İşçinin, manevralar sırasında ağır vasıta altında kalması,
- Bilgisiz kesim ya da eski malzeme kullanımından dolayı elmas tel kopması,
- Enerji iletim hatlarının yıpranmasından dolayı, elektrik çarpması,
- Uygun taşıyıcı kullanılmamasından, makina taşıma sırasında makina parçasının düşmesi ve
- İş makinalarından parça sıçramasıdır.

Kaza, riske maruz noktalarda hata, ihmal ve kusurlar sonucunda meydana gelir, aniden olur ve işçiyi hemen ya da sonradan bedensel veya ruhsal bir arızaya uğratar. Ölümle sonuçlanan kazalarda da, kazadan fiziksel olarak etkilenmeyen çalışanlar üzerinde psikolojik sorunlara neden olabilir. Tehlike ise risk ve risklerin eyleme dönüşmesine sebep olan hataların sonucunda kazanın bir veya birden fazla şekillerde meydana gelme ihtimalidir.

Kaza sonucu ortaya çıkan yaralanma şekilleri (Mamatoğlu, 2001):

- Kafa yaralanmaları,
- Boyun, omurga yaralanmaları,

- Göğüs kafesi ve solunum organları yaralanmaları,
- Kalça, diz kapağı, uyluk kemiği yaralanmaları,
- Omuz, üst kol, dirsek yaralanmaları,
- Ön kol, el bileği, el içi, parmak yaralanmaları,
- Diz kapağı, baldır, ayak yaralanmaları,
- İç organ yaralanmaları,
- Ruhsal ve sinirsel tahribatlardır.

Kazanın en önemli özelliği aniden olmasıdır. Bedensel ve ruhsal tahribata sebep olmasının da nedeni budur. Ancak koşan bir çocuğa annesinin “koşma düşersen” demesi gibi, kaza olmadan önce, işleyişin geneline bakılarak olma olasılığı ve yaratacağı tahribat belirlenebilir. Çünkü anne, daha önce birçok kişinin koşarken düştüğüne ve yaralandığına tanık olmuştur. Kaza riskinin belirlenmesinde kişilerin algıları da farklı olabilir. Koşan çocuk örneğinde, annenin ve üçüncü kişilerin reaksiyonları ve uyarıları farklı olacaktır. Yani, kaza riski noktalarının ve kaza şiddetinin belirlenmesinde, analizi yapan kişinin bilgi ve tecrübesi önemlidir. Analizde bir başka unsur da istatistiksel verilerdir. Hangi noktalarda, hangi sebeple, hangi sıklıkta kazalar yaşandığı ve bunların sonucunun ne olduğu bilinmeli ve değerlendirilmelidir.

5. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

İş sağlığı ve güvenliği ülkemizde 4857 sayılı iş kanunu ve ilgili yönetmelikler olmak üzere işverenleri, işyerlerinin gereksinim ve şartlarını da dikkate alarak riskleri tanımlama, değerlendirme ve gerekli önlemleri almakla sorumlu tutmaktadır.

İş sağlığı ve güvenliği alanında ülkemiz, geçmişten gelen 100 yılı aşkın bir mevzuat ve uygulamaya sahiptir. Çok sayıda kanun, tüzük, yönetmelikten oluşan bu karmaşık mevzuat; özellikle 4857 sayılı İş Kanunu hazırlık çalışmaları ve Avrupa Birliği'ne sunulan Ulusal Program'da yer verilen mevzuat uyum taahhütleri çerçevesinde yeniden ele alınmıştır.

4857 sayılı İş Kanunumuzun Beşinci Bölümü, 1475 sayılı İş Kanunu'nun “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği” kavramını daha geniş kapsamlı ve AB Mevzuatının da benimsediği evrensel bir kavram olan “İş Sağlığı ve Güvenliği” olarak değiştirmiş ve düzenlemiştir. Bu kapsamda,

çıkartılan tüm yönetmeliklerde de aynı kavrama bağlı kalınmıştır. Bu değişimin temel felsefesi; sadece sonuçların değerlendirilmesi değil, bu sonuçlara sebep olan risklerin değerlendirilmesi, risklerle kaynağında mücadele edilmesi suretiyle çalışanların yanı sıra işletmenin ve üretimin güvenliğini birlikte sağlamaktır (Kılıç, 2005).

İş sağlığı ve güvenliği odaklı risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili kullanılan yöntemler aşağıdadır:

- Risk Haritalama Yöntemi
- Birincil(Öncül) Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis –PHA)
- Karar Matrisleri Yöntemi (L Tipi Karar Matrisi ve Çok Değişkenli Karar Matrisi)
- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması (Hazard and Operability Studies –HAZOP)
- Hata Ağacı Analizi Yöntemi –HAA (Fault Tree Analysis –FTA)
- Hata Türleri ve Etkileri (ve Kritiği) Analizi – HTEA (Failure Mode And Effects (and Critically) Analysis-FMEA/FMECA)
- Güvenlik Denetimi Analizi-GDA (Safety Audit Analysis-SAA)
- Olay Ağacı Analizi- OAA(Event Tree Analysis-ETA)
- Neden Sonuç Analizi (Cause – Consequence Analysis)
- İş Emniyeti Analizi - (Job Safety Analysis)

İş sağlığı ve güvenliğinin temel amacı gerek işçiye gerekse ailesine, işyerine ve ilgili mercilere gelecek yükümlülüklerin azaltılması ve buna bağlı olarak, ülke ekonomisine verdiği zararların önlenmesidir (Kılıç,2005). Ancak göz ardı edilmemesi gereken iki husus daha vardır; bunlardan biri üretim güvenliğini sağlayarak verimi artırmak diğeri ise işletme güvenliğini sağlamaktır.

6. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Hata türleri ve etkileri analizi (HTEA), riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. HTEA; sistem, tasarım, süreç veya serviste oluşabilecek hataların değerlendirilmesini yapan ve bu tür hataların değerlerinin sürekli azaltılmasını hedefleyen özel bir metodolojidir (Anon (a), 2009).

Riskler hatalar sonucu ortaya çıkar. Dolayısıyla

riskler ve onları doğuran hatalar önceden belirlenebilir, iyi bir sistem veya süreç analizi içerisinde sebep ve sonuç ilişkileriyle açıklanabilirse sistem veya süreçlerin iyileştirilmesi kolayca sağlanabilir.

HTEA ilk olarak A.B.D. ordusunda uçuş kontrol sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu amaçla 1949'da ilk olarak "Hata Türleri, Etkileri ve Kritiği Analiz Etmek İçin Prosedürler" el kitabı yayınlanmış, sistem ve ekipman arızalarının etkilerini belirleyecek güvenilirlik analiz tekniği olarak geliştirilmiştir. 1960'lı yıllarda ABD havacılık sanayinde kullanılmaya başlanmıştır. İşletmelerde ise ilk Ford otomobil işletmesince kullanılmıştır (Anon (d), 1992; Mil-Std 1629; 1980; Baykasoğlu vd., 2003).

HTEA çalışması, ağırlıklı olarak potansiyel hatalar üzerine yoğunlaşmaktadır ve zamanla güncelliğini yitirmemektedir. Bu nedenle HTEA'nın her süreç aşamasında ve tüm zaman periyotlarında tekrarlanması, hataların ayıklanması gelişim açısından önemlidir.

HTEA çalışması genellikle bir ekip çalışması olarak görülmektedir. Bu çalışmalarda yer alacak ekibin konuya vakıf, çok disiplinli çalışmaya uygun, konuyla doğrudan alakalı kişilerden oluşması çalışmaların güvenilirliği açısından önemlidir. Bunun yanında, yöntem tek yönlü olmaktan uzak, ürün/süreç vb. geliştirme programlarında tüm programın bir parçası olarak yer almaktadır. Ekip üyelerinin geliştirme programının tümüyle sistematik ilişki içerisinde çalışmalarını yürütmeleri gerekmektedir.

6.1. Hata Türü Ve Etkileri Analizi Çeşitleri

HTEA Yöntemi genellikle, sistemi oluşturan faktörler arasındaki potansiyel hata türlerini bulmaya yönelik olan Sistem HTEA, yeni ürün/

teknoloji tasarım veya geliştirmesinde olabilecek hata türlerini belirlemeye ve önlemeye amaçlayan Tasarım HTEA, servis müşteriye ulaşmadan servisin analizine imkan veren Servis HTEA ve mevcut hata ve risklerin belirlenmesi ve geliştirilmesine imkan veren Süreç HTEA olmak üzere üç türde ele alınır (Baykasoğlu vd., 2003).

6.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulama Süreci

HTEA uygulama süreci, hazırlık aşaması, sistem/süreç/ürün analizi ve sonuçların değerlendirilmesi olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır.

Örnek bir HTEA süreci aşağıdaki sırayla uygulanabilir:

- Fonksiyonların (veya alt sistem /süreç / ürün kategorisi) tanımlanması,
- Hata türlerinin belirlenmesi ve tanımlanması,
- Hata sebeplerinin belirlenmesi,
- Hata olasılıklarının belirlenmesi,
- Hata şiddetinin belirlenmesi,
- Hatanın tespit edilebilirliğinin belirlenmesi,
- Risk Öncelik Göstergesi (RÖG) hesaplanması ve büyükten küçüğe doğru sıralanması,
- Risk ve hataları azaltıcı önlemlerin alınması.

HTEA bir ürün ya da süreçte bilinen veya olası hataların, önceki deneyimler ya da teknoloji ile belirlenmesi ve bunların engellenmesi için yapılan planlamadan oluşan analitik bir tekniktir. Risk öncelik parametrelerini değerlendirme ve derecelendirme Çizelge 2'de verilmiştir.

Olası hata türleri, bu hataların etkileri ve sebeplerinin belirlenmesinden sonra hatanın çıkış olasılığının da belirlenmesi gerekmektedir. Geçmiş veriler incelenerek toplam işlemlerin ne kadarında bu hataya rastlandığı nicel olarak belirlenebildiği gibi uzman tarafından nitel olarak da değerlendirilebilir.

Çizelge 2. Risk Öncelik Parametrelerini Değerlendirme Tablosu (Anon (a), 2009)

DERECE	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
OLMA OLASILIĞI (SIKLIK)	Çok yüksek (Kaçınılmaz)		Yüksek (Tekrar tekrar)			Orta (Ara sıra)		Düşük (Nispeten az)		Nadiren (Pek az)
ŞİDDET (ETKİ)	Çok tehlikeli	Ciddi	Çok büyük	Büyük	Önemli	Orta	Küçük	Önemsiz	Çok önemsiz	Etkisi yok
BELİRLENEBİLİRLİK	İmkânsız	Çok zor	Zor	Az	Çok az	Orta	Ortanın üstü	Yüksek	Çok yüksek	Kesin

Hata olasılıklarının belirlenmesinden sonra, önemli bir çalışma da hatanın şiddetidir. Hata şiddeti ile kasıt, ürün, hizmet veya sürecin ana hedefinde oluşturduğu olumsuz etkinin derecesidir. Örneğin; müşteri üzerinde, üründeki bir hatanın etkisi gibi düşünülebilir.

Hatanın tespit edilebilirliği, ürünün üretiminin veya sürecin tamamlanmadan hatanın bulunabilme olasılığının belirlenmesidir.

HTEA yönteminin uygulanmasında tüm çalışmalar bir tablo üzerinde yürütülmektedir. Bu çalışmalar sadece risk analizi amaçlı olabileceği gibi bu aşamanın devamı sağlanarak süreç geliştirme veya iyileştirme analizi olarak da yapılmaktadır. Bir süreç iyileştirme tablosunda;

- **Fonksiyon Analizi:** İncelenecek ürün veya sürece ait bölümler, safhalar yer almaktadır. Her safha sınıflandırma ve sıra ile gösterilmek üzere tanımlanmaktadır.
- **Risk Analizi:** Hata veya risklerin belirlenmesi ve tanımlanması ile risk öncelik göstergesi (RÖG) hesaplanması ve sıralanması aşamalarından oluşmaktadır.
- **Düzeltilici Önlemler:** Öncelikle tüm riskler için alınabilecek önlemler tanımlanır ve bu önlemlerin şartları sıralanır. Sonra RÖG puanının büyüklüğüne veya her fonksiyonun (alt sürecin) toplam RÖG puanındaki ağırlığı hesaplanır, alınacak önlemler belirlenir ve iyileştirme gerçekleştirilir.
- **Tekrar Risk Analizi:** Risk analizi tekrarlanarak RÖG puanları iyileştirilmiş süreç için tekrar hesaplanır ve önceki adımda yapılan ilk puanlarla karşılaştırılır. Bu şekilde iyileşme yüzdesi hesaplanmış olur.

Uygulamalarda iyileştirme esası düşünülecek olursa, riskler en büyük RÖG puanından aşağıya doğru sıralanır. Bazı uygulamalarda yüzlerce riskin değerlendirilmesi gerekebileceğinden iş yükünü hafifletmek ve yöntemi kolaylaştırmak için bir basamak değeri belirlenmektedir.

HTEA uygulandıktan sonra belirlenen öncelikli riskler, geliştirme programında mevcut para, süre, işgücü vb. kaynaklar dikkate alınarak giderilmeye veya bir başka ifadeyle iyileştirmeye çalışılır. Bu amaçla iş görev programları yapılarak ilgili geliştirme ekibi üyelerine görevler dağıtılır. Bu şekilde iyileştirme programı dairesel olarak tamamlanır. Her dönem veya periyotlarda sürekli

tekrarlanarak sürekli iyileştirme ve dolayısıyla mükemmelle ulaşma hedeflenir.

HTEA, iyileştirme programı tamamlandıktan sonra da devam ettirilmelidir. Bu aşamada tekrarlanan HTEA yönteminde risk öncelik puanlarının bazılarında iyileştirme nedeniyle azalma görüleceğinden iyileştirme programının başarısı da test edilmiş olacaktır.

7. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

7.1. Amaç, Kapsam ve Yöntem

Amaç, mermer ocak işletmeciliğinde iş sağlığı ve güvenliğini tehdit eden hata türlerinin belirlenmesi, önem düzeyine göre sıralanması ve iyileştirme sürecine hazır hale getirilmesidir. Bu çalışma, Afyonkarahisar ili merkezi genelinde faaliyet gösteren mermer ocak işletmelerinin son beş yılına ait iş sağlığı ve güvenliği verileriyle sınırlandırılmıştır. Hata türlerinin belirlenmesi ve analizinde Hata Türü ve Etkileri Analizi kullanılmıştır.

7.2. Verilerin Hazırlanması ve Uygulama

Uygulamanın temelini oluşturan HTEA Tablosu bir karar verici tarafından hazırlanmıştır. Tablonun hazırlanmasında temel veri kaynakları olarak son beş yıla ait SSK kayıtları ile anket verileri bulunmaktadır. Anket soruları üretim sürecinde oluşan veya oluşması muhtemel iş kazaları ve hastalıkları konusunda demografik ve Likert sorularından oluşan 62 sorudan oluşmaktadır ve Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren 30 mermer ocak işletmesine uygulanmıştır. Bu veriler ışığında sırasıyla sürece ait bilgiler, hatalar (riskler) ve hataların sebepleri ve çözüm önerileri; risk öncelik göstergesinin hesaplanmasında kullanılan parametreler olan sıklık, şiddet ve belirleme zorluğu değerlerinin (1-10 arası nitel) belirlenmesine çalışılmıştır.

Uygulama safhaları dört grupta değerlendirilmektedir;

- Fonksiyon analizi ile mermer ocak işletme sürecinin alt süreçlerinin tanımlanması,
- Risk analizi hata türlerinin (risk faktörlerinin) tanımlanması,
- Sıklık, şiddet ve belirleme zorluğu hanelerinin

1-10 arası nitel değerlerle değerlendirilmesi ve bu değerlerin çarpılarak Risk Öncelik Göstergesi (RÖG) puanlarının hesaplanması,

• RÖG puanlarına göre tek tek veya her fonksiyonun toplam RÖG puanı içerisindeki paylarına göre fonksiyonların risk sıralamalarının elde edilmesidir.

7.2.1. Süreç analizi

Bu aşama, uygulamanın ilk aşamasını oluşturmaktadır. Sürecin safhalarının tanımlanması veya başka bir ifade ile süreç fonksiyon analizinde süreci oluşturan her bir alt sürecin veya etki eden faktörlerin sıralanmasına ve tanımlanmasına çalışılmaktadır. Uygulamanın başarısında ilk şart doğru bir fonksiyon analizidir. Bu nedenle bu aşamanın üzerinde titizlikle durulması gerekmektedir. Her bir fonksiyon, riskler olsun veya olmasın bütünlüğün sağlanması için çalışmaya dahil edilmektedir.

7.2.2. Risk analizi

Mermer ocak işletmeciliğinin tüm alt süreçlerine ait alt iş sağlığı ve güvenliğini tehdit eden riskler (hata türleri) belirlenmiştir. Bir alt süreç için hata türleri hiç olmayabilir veya çok sayıda da olabilir. Bu durum alt süreçlerin oluşturduğu sürecin temel şartlarından kaynaklanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, gerek alt süreç sayısında gerekse her sürece ait hata türü sayılarında problemleri en iyi şekilde tanımlayan sayılara ulaşmaktır.

Risk öncelik göstergesinin hesaplanmasında kullanılan girdiler, sıklık, şiddet ve belirleme zorluğu değerleri nitel değerler olup 1-10 arası değişim göstermektedir. Risklerin ve her riske ait nitel değerlerin belirlenmesi amacıyla 5 yıl süresince iş sağlığı ve güvenliği konusunda Sosyal Sigortalar Kurumu tarafından kayda geçirilmiş vakalar incelenmek suretiyle istatistiksel verilere ulaşılmıştır.

İstatistiksel veriler frekans ve sonuçları itibarıyla sınıflandırılarak frekans büyüklüğü belirli bir büyüklüğün üzerinde olan hata türleri değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmeye alınan hata türleri alt süreçlere dağıtılmıştır. Frekans ve sonuç büyüklükleri, HTEA analizindeki karşılıkları olan sıklık ve şiddet ile

eşleştirilmiş ve her birine 1-10 arası nitel olarak değerler atanmıştır. Hatanın belirlenme zorluğu hanesi karar verici tarafından doldurulmuştur (Bkz. Ek 1).

Ek-1'de verilen çizelgede, RÖG puanları iki farklı yöntemle incelenebilir:

- Tüm hata türleri RÖG puan sıralamasına tabi tutulur ve önem düzeylerine göre değerlendirilir.
- Tüm alt süreçlerin toplam RÖG puanı içerisindeki ağırlıkları belirlenerek sıralamaya tabi tutulur ve önem düzeyine göre değerlendirilir.

İlk değerlendirme yöntemi temel alındığında; hedef en önemli risklerin belirlenmesi ve önem düzeylerine göre iyileştirme faaliyetlerinin yürütülmesidir. Tüm süreçlerde riskler bağımsız olarak değerlendirildiğinde (RÖG) puanlarının 1-120 arasında değiştiği görülmektedir. Burada önceliği "Elmas Telle Kesme" sürecinin "kesme" aşamasındaki "normal kesme hataları" riski 120 puanla almaktadır. Bunu "Üretim Sonu" sürecinde, bloğun düzeltilmesi (sayalama) aşamasındaki "Yüzey kesim hataları" riski 108 puanla ve "Kollu Kesici İle Kesme" sürecinde kesim sonu aşamasında "Rayların sökülmesi ve taşınması hataları" riski 90 puanla takip etmektedir.

İkinci değerlendirme yöntemi temel alındığında; hedef alt süreçlerin toplam süreç içerisinde risk ağırlıklarını belirlenmesidir. Eğer iyileştirme faaliyetleri süreç süreç (yani alt süreçlerde) yapılmak isteniyorsa, bu şekilde değerlendirmek daha uygun olacaktır. Süreçlerin risk sıralamasında ilk sırayı %32,57 ile "Üretim Sonu" süreci almaktadır. Bunu %27,03 ile "Elmas Kesiciyle Kesme" süreci ve %25,05 ile "Üretim Alanı Dışı İşlemler" süreci takip etmektedir. Alt süreçler içerisinde en düşük puanı %15,35 ile "Kollu Kesici İle Kesme" süreci almaktadır.

7.2.3. Risklerin azaltılması ve süreç iyileştirme

Buraya kadar risk analizi her alt süreç ve aşamada gerçekleştirilmiş ve riskler öncelik puanına (RÖG) göre sıralanmıştır. Risklerin tümünü bir dönem (yıl olabilir) içerisinde azaltmak kaynak ve zaman itibarıyla mümkün olmayabilir.

Kaza riskini oluşturan nedenleri en aza

indirmek için, görevli olmayan personelin ocak içerisine girmesine izin verilmemeli, yapılacak her türlü kesim çalışması teknik eleman ve usta nezaretinde yapılmalı, çalışanlara 29.11.2006 tarih ve 26361 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliğine uygun baret, koruyucu gözlük, eldiven, iş ayakkabısı vs. gibi koruyucu donanımlar verilmelidir.

Süreç iyileştirme çalışmaları önem düzeyine göre, madde madde, aşamalar bazında aşama

aşama ve alt süreçler bazında bir bütün olarak gerçekleştirilebilir.

Burada madde madde düzeltme yöntemi kabul edilmiş ve işletmenin süreçlerin iyileştirilmesi için ayırabileceği kaynak ve zaman dikkate alınarak önem düzeyine göre ilk 10 madde birinci dönem için iyileştirme programına alınmıştır. Kaza riskini oluşturan nedenler, alınması planlanan tedbirler ve tedbir sonrası elde edilecek kazanım Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kaza Riskini Oluşturan Sebepler, Alınacak Tedbirler ve Kazanım

No	Risk Sırası (Önce-Sonra)	Sebepler	Alınması Gereken Tedbirler	Kazanım
28	1 6	Elmas telin kullanım ömründen daha uzun süre kullanılması, makinanın gereğinden daha fazla güçle çekilmesi, boncukların kütle içerisinde normalden daha sert bir yapıyla (silis gibi) karşılaşması	Teller sık sık kontrol edilmeli, gevşeyen, yıpranan, kopan bir noktası olduğunda hemen yenilenmeli. Kesme makinelerinin orijinal muhafazaları asla çıkarılmamalı. Makinalar çalışırken çalıştığı istikametinin arkasına ahşaptan yapılmış koruyuculu siperlikler yerleştirilmeli. Tel kesme makinelerinin dönme istikametine göre ön ve arka istikametlerinde işçi veya üçüncü şahısların bulunmaması için tedbirler alınmalı. Elmas tellerin kesme sırasında sıkışma gibi dönü hareketini engelleyen diğer unsurlara dikkat edilmeli ve telin rahat hareket etmesi sağlanmalı. Kesme işlemi sırasında yeterli miktarda suyun akışı sağlanmalı (Gümüş ve Akkoyun, 2006).	Telin kopma olasılığı en azıner, buna rağmen koparsa pano kayıpları azalır
55	2 8	Elmas telin kullanım ömründen daha uzun süre kullanılması, telin blok çevresinden düzgün geçirilmemesi	Tel yerine oturana kadar sıkı kontrol edilmeli. Teller sık sık kontrol edilmeli, gevşeyen, yıpranan, kopan bir noktası olduğunda hemen yenilenmeli. Kesme makinelerinin orijinal muhafazaları asla çıkarılmamalı. Makinalar çalışırken çalıştığı istikametinin arkasına ahşaptan yapılmış koruyuculu siperlikler yerleştirilmeli. Tel kesme makinelerinin dönme istikametine göre ön ve arka istikametlerinde işçi veya üçüncü şahısların bulunmaması için tedbirler alınmalı. Elmas tellerin kesme sırasında sıkışma gibi. dönü hareketini engelleyen diğer unsurlara dikkat edilmeli ve telin rahat hareket etmesi sağlanmalı. Kesme işlemi sırasında yeterli miktarda suyun akışı sağlanmalı (Gümüş ve Akkoyun, 2006).	Telin kopma olasılığı en azıner, tel yerine tam oturduğundan telin fırlama olasılığı azalır.
44	3 33	Taşıyıcı araç operatörünün deneyim eksikliği, yanlış yükleme, yardımcı personelin taşınan malzemeye yakın olmaları	Hizmet içi eğitim verilmeli, işlem sırasında olası aksaklığı uyuracak gözlemci personel tahsis edilmeli, taşıma işi vinçle yapılmalı, taşınan malzeme koruyucu kasa içine konmalı	Taşımanın vinç ile yapılması ya da taşınan makinanın koruyucu kasa içerisinde taşınması kayıpları azaltır
36	4 32	Personelin eğitim eksikliği, dikkatsizlik, motivasyon eksikliği, kullanılan donanımın yetersizliği	Hizmet içi eğitim verilmeli, çalışanların motivasyonlarını ve dikkatlerini artırıcı eylemlerde bulunulmalı, işe uygun donanım kullanılmalı	Rayların döşenmesi daha itinalı yapılacağından kaza riski de azalacaktır.

1	5	11	Sürücünün deneyim eksikliği, kamyonun teknik eksiklikleri, yol durumu, trafikteki diğer araçlar	Nakliyat kamyonu periyodik bakımdan geçirilmeli, aşırı tonajda yükleme yapılmamalı, blok halatla sabitlenmeli, sürücüyü trafikte bazı kısıtlamalar ve kurallar getirilmeli	Periyodik bakımla oluşacak sorunlar önceden engellenir. Tonaja dikkat edilirse ve blok iyi sabitlenirse viraj ve kasislerde sorun çıkmaz, kısıtlamalar da sürücü dikkatini artırır
12	6	9	Personelin dalgınlığı, motivasyon eksikliği, yorgunluğu.	Kesimi yapılan taşların düşme ve kopma ihtimaline karşın taşların gelebileceği ihtimali olan yerlerden işçi ve malzeme uzak tutulmalı. Ocakların alt kotlarındaki basamaklarında çalışma yapıldığı sırada üst basamaklardan düşme ihtimali olan malzeme ve taş parçaları için tedbir alınmalı, yapılacak periyodik kontroller ile düşme ihtimali olan parçalar uzaklaştırılmalı ve taş parçaları sökülmesi. Personeli diri tutmak için motive edici söz ve davranışlarda bulunulmalı, iş ve dinlenme saatleri düzenlenmeli, korkuluk kullanılmalı, fosforlu şerit çekilmeli.	Personelin dikkatini çekici önlemler basamaktan düşme riskini azaltacaktır.
2	7	16	Sürücünün deneyim eksikliği, yolların kasisli, virajlı ve eğimli olması, yol üzerinde basınçlı hava veya su hortumu, elektrik kablosu vb. donanımların bulunması.	Kompresörden gelen basınçlı hava hortumlarının kopması ya da başka nedenlerle kontrolsüz serbest kalacak olan basınçlı havanın etkisiyle sıçrayabilecek taş ve toz parçaları için tedbirler alınmalı, su ve basınçlı hava taşıyan hortumlar belirli aralıklar ile kontrol edilmeli. Elektrik kaçakları sonucu oluşabilecek iş kazalarına meydan vermemek için makinalara, projektörlere veya diğer elektrikli makina ve donanıma elektrik enerjisi taşıyan kabloların bağlantı yerleri sık sık kontrol edilmeli, bağlantıların sağlam ve temiz olmasına özen gösterilmeli. Elektrik kablolarının ezik ve açıkta olmaları farkına varılır varılmaz yetkili kişiye bildirilmeli (Gümüş ve Akkoyun, 2006). Yol eğimleri kabul edilebilir değerlerde olmalı, araçlara sesli-ışıklı uyarıcı tertibatlar yerleştirilmeli, kalifiye operatör kullanılmalı.	Böylece yolda meydana gelecek makine veya insana bağlı kazalar engellenir. Uyarıcı tertibatlar dalgın işçileri kazadan uzak tutar.
51	8	13	Kesilen kütle ebatlarının büyüklüğü, formasyondaki çatlak ve kırıklar, personelin dalgın ve yorgun oluşu	Kesimi yapılan taşların düşme ve kopma ihtimaline karşın taşların gelebileceği ihtimali olan yerlerden işçi ve malzeme uzak tutulmalı. Ocakların alt kotlarındaki basamaklarında çalışma yapıldığı sırada üst basamaklardan düşme ihtimali olan malzeme ve taş parçaları için tedbir alınmalı, yapılacak periyodik kontroller ile düşme ihtimali olan parçalar uzaklaştırılmalı ve taş parçaları sökülmesi. İşlem öncesi işçiler birbir uyarılmalı, ayırıcının kullanımı dikkatli yapılmalı.	İşçiler daha dikkatli olur ve devrilen bloktan dolayı kazaya uğramaz.
50	9	22	Kesilen kütle ebatlarının büyüklüğü, personelin dalgın ve yorgun oluşu, zeminin ıslak ve kaygan oluşu	Kesimi yapılan taşların düşme ve kopma ihtimaline karşın taşların gelebileceği ihtimali olan yerlerden işçi ve malzeme uzak tutulmalı. Ocakların alt kotlarındaki basamaklarında çalışma yapıldığı sırada üst basamaklardan düşme ihtimali olan malzeme ve taş parçaları için tedbir alınmalı, yapılacak periyodik kontroller ile düşme ihtimali olan parçalar uzaklaştırılmalı ve taş parçaları sökülmesi. İşlem sırasında bom kullanan işçiler dışındakiler çalışma sahasına mesafeli durmalı ve bomlar usulüne uygun biçimde sarkıtılmalı.	İşlemden işi olmayan işçiler bölgeye mesafeli durursa ve bomların sarkıtılma işlemi dikkatli yapılırsa kaza oluşması engellenir.

14	10	12	Blok stok sahasındaki yerleşimin düzensiz oluşu, zeminin düzgün olmaması, yükleme-boşaltma teçhizatının yeterli olmaması	Blok stok sahası düzenli tutulmalı, mümkünse köprü vinç kullanılmalı, görevli dışında hiçbir eleman blok stok sahasına habersiz girmemeli.	Düzenli ve köprü vince sahip blok stok sahasına bir de ilgisi olmayan işçi girmezse tüm kaza faktörleri elenmiş olur.
----	----	----	--	--	---

Yukarıdaki çizelgede, önceden seçilmiş ve tanımlanmış riskler bir adımlık iyileştirme programı çerçevesinde iyileştirmeye tabi tutulacaktır. Bu aşamada teorik iyileşme oranı tahminen İyileştirme Sonrası RÖG'teki Azalma / Eski RÖG Toplamı oranıyla görülebilir. Buna göre ilk adım için teorik iyileştirme (459/1824) 25.16% olarak gerçekleşmektedir.

En riskli 10 bölge için iyileştirme programı öncesi (mevcut durum) ve sonrası risk sıralaması, risk öncelik göstergesi ve iyileştirme miktarları Çizelge 4 de verilmiştir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

HTEA ürün, servis, sistem ve süreçlerin geliştirilmesi/iyileştirilmesi faaliyetlerinin ilk aşamalarında kolayca uygulanabilmekte ve faydalı sonuçlar vermektedir.

İşletmelerde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması insana verilen değer bir sonucu olarak büyük önem taşımakta ve güncelliğini sürdürmektedir. Bunun yanında iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve olası kaza ve rahatsızlıkların

en aza indirgenmesiyle, başta işgücü verimliliği olmak üzere işletmenin verimlilik ve performansını artırmaktadır. Böylece işletmeler, ölümlü veya yaralamalı vakalardan kaynaklanan her türlü sorumluluğun sonucu olarak doğabilecek maddi, manevi, cezai yaptırım vb. her türlü olumsuz sonuçlardan da kurtulmaktadır.

Çalışmada örnek uygulama iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli riskler taşıyan mermer sektörü ve onun içerisinde yer alan ocak işletmeciliği üzerine olmuştur. Risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla HTEA analizi uygulanmış ve sonuç olarak risk önem düzeyine göre ilk on risk düzeyi seçilmiştir. Bunlardan ilk üçünü ise sırasıyla "Elmas Tel Kesme-Normal Kesimindeki Riskler", "Bloğun Sayalanması-Yüzey Kesimindeki Riskler" ve "Kollu Kesiciyle Kesme-Rayların Sökülmesi ve Taşınması Aşamasındaki Riskler" oluşturmaktadır. Bundan sonra sürecin iş sağlığı ve güvenliğini artırma odaklı iyileştirmesine geçilmiştir. İlk on riskin sebeplerinin belirlenmesi ve azaltılması için hangi önlemler alınması gerektiği araştırılmıştır. İyileştirme faaliyeti sonucunda yeni HTEA tablosu tekrar hazırlanarak yeni risk öncelik değerleri ve sıralaması belirlenmiştir. Yeni tabloda önceki

Çizelge 4. İyileştirme Programı Öncesi ve Sonrası Risk Düzeyleri

Madde No	Maddenin Adı	İyileştirme Öncesi			İyileştirme Sonrası			İyileşme (%)
		Risk Sırası	RÖG	Risk (%)	Risk Sırası	RÖG	Risk (%)	
28	Elmas Tel Kesme-Normal Kesim	1	120	6.58	6	48	3.52	60.0%
55	Bloğun Sayalanması-Yüzey Kesimi	2	108	5.92	8	48	3.52	55.6%
44	Kollu Kesiciyle Kesme-Rayların Sökülmesi ve Taşınması	3	90	4.93	33	24	1.76	73.3%
36	Kollu Kesiciyle Kesme-Rayların Döşenmesi	4	75	4.11	32	24	1.76	68.0%
1	Ulaşım-Ocak Dışı Yollar	5	72	3.95	11	36	2.64	50.0%
12	Ocak Bölgesi-Basamak Sınırları	6	70	3.84	9	42	3.08	40.0%
2	Ulaşım-Ocak İçi Yollar	7	70	3.84	16	32	2.34	54.3%
51	Bloğun Ötelenmesi-Devrilme	8	70	3.84	13	30	2.20	57.1%
50	Bloğun Ötelenmesi-Öteleme ve Dolgu	9	70	3.84	22	30	2.20	57.1%
14	Ocak Bölgesi-Blok Stok Sahası	10	64	3.51	12	36	2.64	43.8%

* Teorik İyileşme Oranı (1) = % 25.16

iyileştirilen riskler daha düşük RÖG puanlarına sahip oldukları için öncelikleri farklı riskler almış ve yeni bir iyileştirme çalışması adımı zemin hazırlanmıştır. İlk adım için iyileştirme teorik olarak %25,16 olarak beklenmektedir. Bu şekilde tekrarlanan adımlarla bir süre sonra tüm riskler önemsiz düzeylere indirgenerek mermer ocak işletim sistemi iş sağlığı ve güvenliği açısından daha güvenli hale gelecektir. Bu uygulama sonucunda, öncelikle insana verilen önem başta olmak üzere iş sağlığı ve güvenliği sorunlarında azalma ve kaza ve rahatsızlıklar nedeniyle oluşacak üretim kayıpları ve tazminatlardan yönetimin kurtulması bir kazanım olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Anon (a), 2009; <http://www.onlinekalite.com/htm/dosyalar/hataturleri.htm>

Anon (b), 2008; TMMOB Türkiye İş Sağlığı ve Güvenliği Raporu, TMMOB, Ankara http://www.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=2732&tipi=3&sube=0

Anon (c), 2003; Application of The Chain Saw Machine to Modern Systems of Exploitation Stone Quarries, Costruzioni Meccaniche Fantini Srl Torino, Italy, 58.

Anon (d), 1992; FORD, FMEA Handbook, Ford Motor Company Engineering Materials and Standarts, Dearborn, Michigan.

Atmaca, E., 2005; "Bursa İli Otomotiv Sektöründe TS16949 Kalite Yönetim Sisteminin Rekabetçi Avantajları", Üretim Araştırmaları Sempozyumu, Ticaret Üniversitesi, ss.209-214.

Baykasoğlu, A., Dereli, T., Yılkıran, N. ve Yılkıran, A., 2003; "Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Gaziantep'te Orta Ölçekli Bir Firmaya Uygulanması", II. Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Konya, s.157-163.

Cristiano, B. M., Rozenfeld H. ve Omokawa, R., 2000; "Development of a concurrent engineering education environment" International Journal of Computer Integrated Manufacturing, **13(6)**, 475 – 482.

Eleren, A., 2007; "İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği

Odaklı Süreç Geliştirme Faaliyetlerinde Hata Türü Ve Etkileri Analizi Yönteminin Uygulanması; Mermer Ocak İşletmesi Örneği", Verimlilik ve KOBİ'ler Kongresi, İKÜ, İstanbul.

Eleren, A. ve Ersoy, M., 2007; "Mermer Blok Kesim Yöntemlerinin Bulanık Topsis Yöntemiyle Değerlendirilmesi", Madencilik, **46(3)**, 9-22.

Eleren, A. ve Elitaş, C., 2007; "Hedef Maliyetlemede Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Risklerin Değerlendirilmesi", MUFAD Dergisi, Ekim Ayı Sayısı, 114-124.

Eryürek, Ö. ve Tanyaş M., 2003; "Hata Türü ve Etkileri Analizinde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı", İTÜ Dergisi, **2(6)**, 31-40.

Garcia, P. A. A., Schirru, R. ve Frutuoso E., 2005; "A Fuzzy Data Envelop Analysis Approach For FMEA", Progress In Nuclear Energy, **46(2-4)**, 359-375.

Gilchrist, W., 1993; "Modeling failure mode and effect analysis", International Journal of Quality & Reliability Management, **10(5)**, 16-23.

Gümüş, A. ve Akkoyun, Ö., 2006; "Diyarbakır Bölgesi Mermer Ocak İşletmeciliğinde Sık Karşılaşılan İş Kazaları Üzerine Bir İnceleme", MERSEM'2006 Türkiye V. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, Ed: Ersoy, M., Ergün, E., Afyonkarahisar, 103-107.

Houten, V. ve Kimura, F., 2000; "Virtual maintenance system: A computer-based support tool for robust design, product monitoring, fault diagnosis and maintenance planning", Cirp Annals 2000: Manufacturing Technology, 112-131

Kara-Zaitri, C., Keller, A. Z. ve Fleming, P. V., 1992; "A smart failure mode and effect analysis package", Proceedings of Annual Reliability and Maintainability Symposium, 414-21.

Kılıç, Ö., 2005; "İş Sağlığı Ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri Ve Risk Değerlendirme Metodolojileri", TISK Yayın No: 246.

Laul, B. J., etc., 2005; "Perspektives on chemical hazard characterization and analysis proceed at DOE", Division of Chemical Health and Safety of The American Chemical Society.

- Legg, J. M., 1978; "Computerized approach for matrix-form FMEA" IEE Transactions on Reliability R-27 (4) October.
- Lewis, J. P., vd., 2005; "Durability testing of a completely implantable electric total artificial heart", *Asaio Journal*, **51(3)**, 214-223.
- Mamatoğlu, N., 2001; İş Kazalarının Azaltılmasında Davranış Temelli İş Güvenliği Modelinin Uygulanması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. management?", *International Journal of Production Economics* , **92**, 267-280.
- Mil-Std, 1629, 1980; Military Standard Procedures for Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis, Dept of Defense, Washington, DC.
- Musubeyli Erginel, N., 2004; "Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliđi İçin Bir Model ve Uygulaması", *Endüstri Mühendisliđi Dergisi*, **15(3)**, 17-26.
- Plaza, I. ve Medrano, C.T., 2007; "Continuous Improvement in Electronic Engineering Education", *Education, IEEE Transactions on Education*, **50(3)**, 259 – 265.
- Price, C. J., 1996; "Effortless incremental design FMEA" *Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 43-47.
- Price, C. J.; Taylor, N. S., 2002; "Automated multiple failure FMEA" *Reliability Engineering & System Safety*, 127-142.
- Hou, S. L., Xie, M. ve Goh, T. N., 2006; "Adopting Six Sigma in higher education: some issues and challenges", *Int. J.of Six Sigma and Competitive Advantage*, **2(4)**, 218-235.
- Sankar, N. ve Prabhu, B., 2001; "Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and Effects Analysis", *The International Journal of Quality & Reliability Management*, **18(3)**, 324-335.
- Scipioni, A., Saccarola, G., Centazzo, A. ve Arena, F., 2002; "FMEA Metodology Design, Implementation and Integration with HACCP system In A Food Company", *Food Control*, **13**, 495-501.
- Seung, J. R., Kosuke, I., 2003; "Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability", *Advanced Engineering Informatics*, v.17, pp.179–188.
- Su, C. T. ve Chou, C. J., 2007; "A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry", *Expert Systems With Applications*, **34(4)**, 2693-2703.
- Şimşek, Ş., 2008; Mermer Ocaklarında Risk Alanlarının Araştırılması, Lisans Bitirme Ödevi, AKÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliđi Bölümü, Dn: Ersoy M., Afyonkarahisar.
- Tari, J. J.; Sabater, V., 2004; "Quality tools and techniques: Are they necessary for quality management?", *International Journal of Production Economics* , v. 92, pp. 267-280.
- Teng, S. H. ve Hou, S. Y., 1996; "Failure mode and effects analysis: an integrated approach for product design and process control", *International Journal of Quality & Reliability*, **13(5)**, 8-26.
- Teoh, P. C. ve Case K., 2004; "Failure Modes And Effects Analysis Through Knowledge Modelling", *Journal of Material Processing Technology*, **(153)154**, 253-260.
- Torun, M. ve Doğan, H. C., 2007; Türkiye'de iş kazaları istatistikleri, maden kazaları ve karşılaştırmalı değerlendirilmesi, Maden İşletmelerinde İş Sağliğı ve Güvenliği Sempozyumu, Ed: Kılıç A. M., Kılıç Ö. ve Keskin Ö., Adana, 1-10.
- Vandenbrande, W. W., 1998; How to use FMEA to reduce the size of your quality toolbox. *Quality Progress*, **31(11)**, 97-100.
- Yılmaz, B. S., 2000; Hata Türü ve Etkileri Analizi, *Dokuz Eylül İİBF Dergisi*, **2(4)**, 132-150.

Ek-1. Hata Türü ve Etki Analizi Tablosu

		YİLEŞTİRME ÖNCESİ					YİLEŞTİRME SONRASI								
ALT SÜREÇLER	FAALİYETLER	A	B	C	RÖG 1	%RİSK	RSNO	FSNO	A	B	C	RÖG 2	%RİSK	RSNO	FSNO
1	Ulaştırım	2	5	7	72	3,95%	6		2	6	3	32	2,84%	11	
3		2	5	7	70	3,84%	6		2	4	3	32	2,84%	16	
4		1	1	1	1	0,05%	48	Toplam RÖG	1	1	1	1	0,07%	46	Toplam RÖG
5	Sosyal tesisler	1	1	1	1	0,05%	47	457	1	1	1	1	0,07%	48	327
6		1	1	1	1	0,05%	48		1	1	1	1	0,07%	48	
7		1	1	1	27	1,68%	31		1	1	3	27	1,68%	29	
8		1	9	3	1	0,33%	42	Toplam %RİSK	1	6	1	6	0,44%	42	23,96%
9	Alt yapı tesisleri	1	6	1	1	0,05%	50	25,05%	1	1	1	1	0,07%	50	23,96%
10		1	1	1	1	0,05%	50		1	1	1	1	0,07%	50	
11		1	1	6	30	1,64%	22	Fonksiyon Sıra No	1	5	6	30	2,20%	18	
12		2	7	5	30	2,20%	22	3	2	7	3	30	2,20%	5	
13		1	1	1	1	0,05%	17		2	1	1	1	0,07%	6	
14		2	7	4	29	1,54%	26		2	7	4	28	2,05%	24	
15		1	7	4	64	3,51%	10		2	6	3	38	2,84%	12	
		1	7	5	35	1,92%	18		1	7	5	35	2,56%	13	
	ELMAS TELLE KESME														
16	Çalışma alanının temizlenmesi	1	1	1	1	0,05%	51		1	1	1	1	0,07%	51	
17	Çalışma alanının taşınması (Yükleyici kullanılarak)	1	1	1	1	0,05%	52		1	1	1	1	0,07%	52	
18	Delici makinenin kurulması	1	4	7	28	1,54%	27		1	4	7	28	2,05%	25	
19	Delme İşlemi (Dişley + Yatay)	1	4	4	16	0,89%	37		1	4	4	16	1,17%	37	
20	Delicinin faaliyete sonu sökülmesi	1	5	8	40	2,19%	17		1	5	8	40	2,93%	10	
21	Su ve enerji tesislerinin taşınması	1	5	4	17	0,94%	38		1	5	4	17	1,21%	38	
22	Rayların dışınması	1	5	4	20	1,10%	36		1	5	4	20	1,47%	36	
23	Makinanın taşınması ve yerleştirilmesi (Yükleyici kull)	1	6	4	24	1,32%	33	Toplam RÖG	1	6	4	24	1,76%	31	421
24	Telin deliklerden geçirilmesi, bulunması, eklenmesi	1	7	5	35	1,92%	19	493	1	7	5	35	2,56%	14	421
25	Çalışma alanının yerleştirilmesi	1	1	1	1	0,05%	53	Toplam %RİSK	1	1	1	1	0,07%	53	30,84%
26	Su ve enerji tesislerinin yerleştirilmesi	1	6	5	30	1,64%	23	27,03%	1	6	5	30	2,20%	19	
27	Ön yüklenme	3	5	4	60	3,29%	11		3	5	4	60	4,40%	6	
28	Normal kesim	4	6	5	120	6,59%	11	Fonksiyon Sıra No	4	6	5	120	3,52%	6	
29	Duraktama (Telin kısıtlaması, makinenin öne alınması)	1	7	4	28	1,54%	28	2	1	7	4	28	2,05%	26	2
30	Çalışma alanının taşınması ve telin kayıştan çıkarılması	1	5	6	30	1,64%	24		1	5	6	30	2,20%	20	
31	Su ve enerji tesislerinin taşınması ve taşınması	1	6	2	12	0,66%	39		1	6	2	12	0,89%	39	
32	Makinanın sökülmesi ve taşınması (Yükleyici kull)	1	4	3	12	0,66%	40		1	4	3	12	0,89%	40	
33	Rayların sökülmesi ve taşınması	1	3	5	15	0,82%	38		1	3	5	15	1,10%	38	
	KOLLU KESİCİYLE KESME														
34	Çalışma alanının temizlenmesi	1	1	1	1	0,05%	54		1	1	1	1	0,07%	54	
35	Çalışma alanının taşınması (Yükleyici kullanılarak)	1	1	1	1	0,05%	54		1	1	1	1	0,07%	54	
36	Rayların dışınması	3	5	3	12	0,66%	4		2	3	4	12	0,89%	32	
37	Makinanın taşınması ve yerleştirilmesi (Yükleyici kull)	1	7	4	28	1,54%	29	Toplam RÖG	1	7	4	28	2,05%	27	163
38	Su ve enerji tesislerinin yerleştirilmesi	1	1	1	1	0,05%	55	280	1	1	1	1	0,07%	55	163
39	Kütleye giriş manevrası	1	3	2	6	0,33%	43	Toplam %RİSK	1	3	2	6	0,44%	43	11,94%
40	Normal kesim	1	8	4	32	1,75%	21	15,35%	1	8	4	32	2,34%	17	
41	Kütlelerden çıkış manevrası	1	3	2	6	0,33%	44		1	3	2	6	0,44%	44	
42	Su ve enerji tesislerinin taşınması ve taşınması	1	1	1	1	0,05%	56	Fonksiyon Sıra No	1	1	1	1	0,07%	56	4
43	Makinanın sökülmesi ve taşınması (Yükleyici kull)	1	7	4	28	1,54%	30		1	7	4	28	2,05%	28	
44	Rayların sökülmesi ve taşınması	3	5	6	90	4,93%	3		2	4	3	24	1,76%	33	
	NAKİL														
45	Ayırıcının hazırlanması (Hidrolik kırıcı)	1	5	6	30	1,64%	25		1	5	6	30	2,20%	21	
46	Ayırıcının hazırlanması (Hava yastığı)	1	5	7	35	1,92%	20		1	5	7	35	2,56%	15	
47	Ayırıcının hazırlanması (Su yastığı)	1	4	6	24	1,26%	34		1	4	6	24	1,68%	24	
48	Blok önüne pasaj dökümü	2	6	6	48	2,63%	16	Toplam RÖG	2	6	6	48	3,52%	7	454
49	Öteleme ve dolgu	2	7	5	70	3,84%	9	594	2	5	3	30	2,20%	22	
50	Devrilme	2	7	5	70	3,84%	9	Toplam %RİSK	2	5	3	30	2,20%	23	33,26%
51	Bilâzelerin toplanıp taşınması	1	3	2	6	0,33%	45	32,57%	1	3	2	6	0,44%	45	
52	Yükleyici ile makine bölgesine taşınması	1	5	5	25	1,37%	32		1	5	5	25	1,83%	30	
53	Sayalama makinasının hazırlanması	1	1	1	1	0,05%	57	Fonksiyon Sıra No	1	1	1	1	0,07%	57	1
54	Yükleyici ile makine bölgesine taşınması	1	1	1	1	0,05%	57	1	1	1	1	1	0,07%	57	
55	Sayalama makinasının hazırlanması	3	6	6	108	5,92%	2		3	4	4	48	3,52%	8	
56	Devirme-Devirme	2	6	5	60	3,29%	13		2	6	5	60	4,40%	3	
57	Sayalama makinasının toplanması	1	1	1	1	0,05%	58		1	1	1	1	0,07%	58	
58	Bloğun yüklenmesi	1	8	7	56	3,07%	14		1	8	7	56	4,10%	4	
	GENEL TOPLAM														
							1824							1365	

A: Kazanın olma olasılığı, sıklık; B: Kazanın şiddeti, etkisi, yarattığı hasar; C: Kazanın önceden belirlenebilirliği; RSN: Risk sıra no; FSN: Fonksiyon sıra no; RÖG: Risk öncelik göstergesi.