



Establishment of an incentive system for press machine tools used in metal manufacturing industry for increasing the safety according to occupation safety

Tolga Pehlivan^{1*}, Yusuf Usta²

¹Republic of Turkey Ministry of Family, Labour and Social Services, Ankara, 06520, Turkey

²Department of Mechanical Engineering, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey

Highlights:

- Improvement of an incentive software to make presses safer for occupational safety
- Implementing chi-square test in SPSS software to determine parameters to be included in the incentive system
- Use of AHP method to determine incentive rates for incentive parameters

Keywords:

- Work safety in presses
- Chi-square test
- Incentive system software for work safety,
- Implementation of AHP method

Graphical/Tabular Abstract

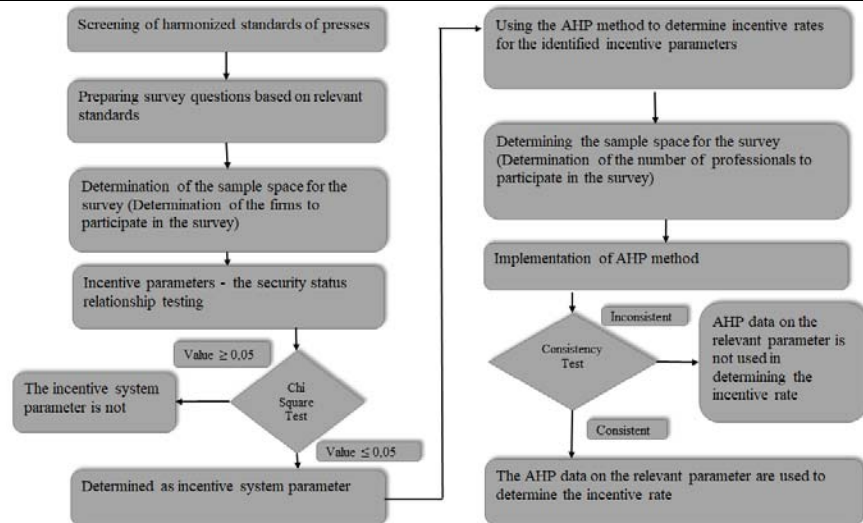


Figure A. Method steps of the proposed incentive system

Article Info:

Research Article
Received: 27.03.2019
Accepted: 26.03.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.545716

Correspondence:

Author: Tolga Pehlivan
e-mail:
tpehlivan@ailevecalisma.gov.tr
phone: +90 312 296 6000

Purpose: This study aims to reduce press occupational accidents resulting in loss of body parts such as fingers and hands. The press in Turkey in terms of engineering to perform must be made safer. The cost of the safety equipment required for this purpose is aimed at establishing an incentive system to ensure that the workplace is met at rates calculated according to certain parameters, such as the number of employees, the age of the machine being used.

Theory and Methods:

A survey was applied to companies operating in the metal industry sector. As a result of the field surveys, data on the safety status of the presses were obtained. Then, the chi-square test was applied to determine the statistical relationship between the parameters required to be used in the incentive system and the press safety status of these parameters. While those who are statistically related are included in the incentive system, the parameters that are not related are not used in the incentive system. AHP method was used to determine the incentive rates for the related parameters. The Ministry of Family, Labor and Social Services has been identified as ministry experts working in the field of occupational safety. As a result of AHP method, percentages of consistency test and preference tendencies were used to determine incentive rates

Results:

According to the chi-square test analysis results using SPSS software, there was no statistical relationship between press twist capacity and safety status, while there was a statistical relation between the machine age and the number of employees at the press. In order to determine the incentive rates, AHP analysis results of the machine age and the number of employees in the workplace where the press is located have passed the consistency test.

Conclusion:

The chi-square test and AHP method used in the study are guiding for those who want to establish an incentive system not only in the field of occupational safety but in many different areas and who want to work in this field.



Metal İmalat sektöründe kullanılan preslerin iş güvenliği açısından güvenli hale getirilmesi için teşvik sisteminin kurulması

Tolga Pehlivan^{1*}, Yusuf Usta²

¹Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Emek Mahallesi, 17. Cadde No:13, 06520, Emek, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- İş güvenliği bakımından preslerin daha güvenli hale getirilmesi için teşvik yazılımı hazırlanması
- Teşvik sisteminde yer alacak parametrelerin belirlenmesi için SPSS yazılımında ki-kare testi uygulanması
- Teşvik parametrelerine ilişkin teşvik oranlarının belirlenmesinde AHP yönteminin kullanılması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 27.03.2019
Kabul: 26.03.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.545716

Anahtar Kelimeler:

Preslerde iş güvenliği
Ki-kare testi
İş güvenliği teşvik sistemi yazılımı
AHP yöntemi uygulaması

ÖZET

2016 SGK istatistiklerine göre metal sanayi en fazla iş kazasının meydana geldiği sektördür. Yine 2016 SGK istatistiklerine göre en fazla iş kazası, 99 temel NACE kodu içinde "Fabrikasyon Metal Ürünleri İmalatı" kodu altında meydana gelmiştir. Makinelerde risk düşürme adımlarına bakıldığında mühendislik kontrol önlemlerinin en önemli ve öncelikli yol olduğu görülecektir. Bu husus makine güvenlik standartları olan TS EN ISO 12100:2010 da açıkça ifade edilmektedir. Bu çalışmada, bu noktanın önemini esas alarak sahada makinelerin mühendislik açısından daha güvenli hale getirilmesi için nasıl bir teşvik sistemi modeli oluşturulmalı sorusunun cevabı aranmaktadır. Bu amaçla, Merzifon ve Sincan Organize Sanayi bölgelerindeki hidrolik ve mekanik preslerinin güvenlik durumlarının makine yaşı, işyeri çalışan sayısı, çalışma kapasitesi gibi değişkenlere göre ilişki derecesi SPSS programı yardımı ile ki-kare testi uygulanarak araştırılmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda teşvik sisteminde hangi parametrelerin kullanılacağı belirlenmiştir. Daha sonra bu parametrelere ilişkin makine teşvik oranlarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemindeki tercih eğilimleri iş güvenliği profesyonelleri olan bakanlık iş güvenliği uzmanlarına uygulanan anket yoluyla belirlenmiştir. Web ortamında hazırlanmış teşvik yazılımı yardımıyla, makine riski ve diğer parametreleri kullanarak hangi güvenlik donanımlarına ne oranda ve ne kadar parasal üst limit içinde teşvik verileceği hesaplanmaktadır.

Establishment of an incentive system for press machine tools used in metal manufacturing industry for increasing the safety according to occupation safety

H I G H L I G H T S

- Improvement of an incentive software to make presses safer for occupational safety
- Implementing chi-square test in SPSS software to determine parameters to be included in the incentive system
- Application of AHP method to determine incentive rates for incentive parameters

Article Info

Research Article
Received: 27.03.2019
Accepted: 26.03.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.545716

Keywords:

Work safety in presses
Ki-kare testi
Chi-square test
Incentive system software for work safety
Implementation of AHP method

ABSTRACT

According to the SGK statistics of 2016, the metal industry is the sector where the greatest number of workplace accidents took place. To the same statistics, within the 99 basic NACE codes, the largest number of workplace accidents occurred under the code "Fabricated Metal Products". Engineered control systems will be seen as the most important and priority way to reduce machine risk when considering the risk reduction steps on the machines. This is clearly stated in TS EN ISO 12100: 2010, the machine security standard. In this study, based on the importance of this point, an answer to the question of what kind of incentive system model should be established in order to make safer machines. The degree of relationship of the safety status of hydraulic and mechanical presses in Merzifon and Sincan Organized Industrial Zones according to the machine age, number of employees and working capacity were investigated by using chi-square test with the help of SPSS software in accordance. According to the results of the analysis, it is determined which parameters will be used in the incentive system. Then, AHP method was used to determine the machine incentive rates for these parameters. The preference trends in the AHP method have been determined through a questionnaire for occupational safety professionals. Using the web-based incentive software, machine risk, and other parameters, it calculates the extent to which safety equipment will be promoted and how much money will be promoted within the upper limit.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: *tpehlivan@ailevecalisma.gov.tr, yusta@gazi.edu.tr / Tel: +90 312 296 6000

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bilindiği üzere iş kazaları hem maddi hem de manevi sonuçları itibarıyla başta kaza geçiren bireyleri ve onların işverenleri olmak üzere birçok paydaşı etkilemektedir. Bu çalışma ile çok sayıda parmak, el gibi uzuvların kaybıyla sonuçlanan pres iş kazalarının önlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için birçok yol ve yöntemin olduğu aşikârdır. Bunlar risk değerlendirme çatısı altında birçok önleyici aksiyon ve tabi ki güvenlik kültürü ile beslenen güvenli davranış kombinasyonu olarak özetlenebilir.

Özelde pres makinelerinin neden olduğu iş kazalarının istatistiği resmi olarak Türkiye’de mevcut değildir. Konuya ilişkin istatistikler Sosyal Sigortalar Kurumuna ait olup bu istatistikler NACE adı verilen sektör kodları temelinde mevcuttur. NACE kodları ele alındığında 2016 yılı için 99 farklı NACE kodu içerisinde “makine teçhizat hariç fabrikasyon metal ürünleri imalatı” 20.616 adet ile meydana gelen toplam 286.068 iş kazası içinde birinci sırada yer almaktadır. Bu istatistik bile pres makinelerinin faaliyet gösterdiği sektörde iş kazalarının yoğunluğunu ortaya koymaktadır.

Metal imalat sektöründe kullanılan preslerde iş güvenliğinin sağlanmasında iki temel yasal düzenleme vardır. Bunlardan birincisi güvenli tasarım, ikincisi ise güvenli kullanıma ilişkindir. Güvenli tasarıma ilişkin hususlar makine direktifinde (2006/42/EC), güvenli kullanıma ilişkin hususlar ise iş ekipmanlarının kullanımında sağlık ve güvenlik şartları yönetmeliğinde (2009/104/EC) açıklanmıştır. Ancak makinelerde güvenli kullanım ancak makine güvenli tasarlandıktan sonra anlamlı hale gelmektedir. Yani önce güvenli durumunun oluşturulması, daha sonra da güvenli davranışın beklenmesi uygun olmalıdır.

Benzer bir tespit, Choi’nin [1] yapmış olduğu Kore’de bulunan endüstriyel makine ve cihazların güvenlik mevzuatının etkinliği adlı makalesinde mevcuttur. Bu makale, özellikle makine üreticilerinin tabi oldukları mevzuat hükümleri ile makineyi alıp sahada kullanan son tüketicilerin tabi oldukları ve uygulamakla zorunlu oldukları mevzuatlar arasındaki ilişkiyi ortaya koymuş, makine kazalarının istatistiki olarak ele alarak kazalarının oluşumunun engellenmesinde endüstriyel makinelerin üretim aşamasında güvenli imal edilmelerine ilişkin mevzuatların etkinliğinin önemine vurgu yapmıştır.

Literatüre bakıldığında, iş güvenliği anlamında genelde inşaat, maden, metal imalat sektöründe kaza istatistik çalışmaları, iş güvenliği yönetim sistemi üzerine çalışmalar, kazaların çevresel ve davranışsal nedenlerine yönelik çalışmalar ağırlıklı olarak göze çarpmaktadır.

Caputo, Peagagge ve Salini’nin [2] endüstriyel makinelerin güvenlik ekipmanlarının seçiminde AHP temelli metodoloji adlı çalışmada, güvenli makinanın ancak güvenlik

ekipmanların doğru kullanımı ve seçimi ile sağlanacağı vurgulanmıştır. Rausand ve Utne [3], ürün güvenliği – ürün yaşam döngüsü içerisinde prensipler ve uygulamalar adlı çalışmalarında hatalı ürünlerin piyasaya sürülmesini engellenmesi ve güvenliğin seviyesinin geliştirilmesi için üreticileri ilgilendiren yeni ürün yaşam döngüsü modeli tanımlamaktadır. Çalışma, Avrupa ürün güvenliğine ilişkin mevzuatı temel alan ana ürün güvenliğine ilişkin gerekleri ortaya koymaktadır. Ürün geliştirilmesi aşamasında ürünün yeteri derecede güvenli olup olmadığı konusunda karar vermede göz önünde tutulması gereken faktörler ve geliştirilen konseptte ilişkin ürün kabul kriterleri açıklanmıştır.

Hale, Kirwan ve Kjellen [4], “Güvenli tasarım; biz şu anda neredeyiz?” başlıklı çalışmalarında, güvenlik tasarımcıları, uzmanları ve araştırmacılarının bu konuda daha önceki çalışmaları ve konuya ilişkin prensipler incelenmiştir. Çok değişik uygulama alanları ve teknolojiler göz önünde bulundurulduğunda evrensel güvenlik tasarım prensipleri oluşturulup oluşturulamayacağı irdelenmiştir.

Literatürde iş güvenliği teşvik sistemine ilişkin yapılan çalışmalar genellikle güvenli davranış ödüllendirme şeklinde kurgulanmış olanlardır. Örneğin [Saracino](#) ve diğerlerinin [5] fuzzy yaklaşımını kullanan iş kazalarını azaltıcı önleyici ve sonuç odaklı güvenlik teşviki adlı çalışma, işyerindeki güvenliği arttırmak için ödül sistemi kurmak üzerinedir. Bu ödüllendirme sistemi iki parametre üzerine kurulmuştur. Birincisi çalışan davranışdır ve bu parametre çalışanların kazaları önleme noktasındaki proaktif bildirimleri ve bu bildirimler sonucunun ne olduğudur. Bu yapılırken fuzzy logic metodu kullanılmıştır. Bir başka güvenli davranış esas alan teşvik sistemine ilişkin örnek çalışma, Ghasemi, Mohamadmam, Soltanian, Mahmoudi ve Zarei [6] tarafından yapılan bir çalışma olup “Şaşırtıcı bir teşvik: İnşaat sektöründe güvenlik performansını arttırmak için bir yöntem” adını taşımaktadır ve 2012-2013 yılları arasında İran’da yapılan güç santrali inşaatlarında bir projede 342 değerinde 402 çalışan üzerinde uygulanmıştır. Çalışanlara parasal teşvik ödenmiş olup çalışanların güvenlik performanslarını değerlendirmede kullanılan parametreler ise şunlardır; kişisel koruyucu ekipmanlarını kullanmaları, ramak kala olayları bildirmeleri, meydana gelen küçük kazaları bildirmeleri, güvensiz çalışma koşullarını bildirmeleri, güvenlik koşullarının ve güvenli davranışlarının iyileştirilmesi için teknik ve yönetsel önerilerini sunmaları şeklindedir.

Yine inşaat sektöründe davranış odaklı bir başka çalışma Sparer ve Dennerlein [7] tarafından yapılmış, yapı işyerlerinde güvenlik denetim eşiklerinin belirlenmesinde çalışanlara teşvik programı adlı bir çalışmadır. Burada amaç, çalışanların ödüllendirilmesi için teşvik programının oluşturulmasında güvenlik denetim skorlarının nümerik değerlerinin değerlendirilmesi yaklaşımı olarak belirlemiştir. Maden sektöründe yapılan bir başka çalışma Shu, Xiuzhi ve Shu’ya [8] ait olup Çin’deki kamu maden işletmelerinde

çalışanlar için güvenlik teşviki adlı bir çalışmadır. Çin'de son zamanlara kamuya ait maden işletmelerinde çalışan sayısının artmış olduğu, bundan dolayı da bu işletmelerdeki iş kazalarının önlenmesinde çalışanlara iş güvenliği bazından teşvik sistemi oluşturmanın bu sorunu azaltacağına düşünüldüğü belirtilmiştir. Sonuç olarak güvenlik teşvikinin uygulanmasında ceza ödül kombinasyonu, maddi teşvikler ve ruh teşviki kombinasyonu, olumlu ve olumsuz teşvikler kombinasyonu, adil ve eşitlikçi ilkeler olmak üzere dört prensip önerilmiştir. Yine farklı bir sektörde güvenli davranış odaklı bir başka teşvik sistemi çalışması Yeow ve Goomas'a ait [9] olup süt işleme tesislerinde kazaları azaltmak için sonuç - davranış tabanlı güvenlik teşvik programı durum çalışmasıdır. Çalışmanın sonucunda ve davranış temelli güvenlik teşvik programı önerilmiştir.

Literatürde iş güvenliğine ilişkin teşvik sistemleri bulunmakla beraber birçok çalışma güvenlik donanımlarının teşvik edilmesinden çok, çalışan davranışlarının güvenlik yönünden teşvik edilmesine yöneliktir. Örneğin Maslen ve Hopkins [10] yapmış oldukları çalışmada tehlikeli sanayilerde büyük kaza riskini yönetmek için teşviklerin mevcut ve potansiyel rolünü ele almıştır. Üst düzey yöneticilerin günlük kararlarında teşviklerle ne ölçüde motive oldukları üzerinde durulmuştur. Bu analiz, petrol ve gaz, petrokimya, boru hattı ve madencilik sektörlerinde 11 vaka araştırması yapan şirkette niteliksel görüşmeler, gözlem ve belge analizine dayandırılmıştır.

Bir başka çalışma Haines ve arkadaşlarının [11] yapmış oldukları çalışmadır. Yazarlar, güvenlik teşviklerin etkisinin, ast-üst çalışan seviyesinde etkilerini incelemiş, grup ve bireysel olarak güvenlik normlarının hayata geçirilmesinde ve anlaşılmasındaki rolleri ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışma yine teşvik sistemlerinin davranış etkilerini araştırması bakımından diğer çalışmalarla benzer niteliktedir. Ancak özellikle ast-üst çalışan seviyesindeki etkilerini analiz etmesi bakımından özgün niteliktedir.

Mattson ve arkadaşlarının [12], çalışan prim sisteminin iş güvenliğine etkileri adlı çalışmalarında, prim sisteminin genelde çalışanların iş performansını arttırmak için denenen bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. Buna karşın bazı teoriler bu sistemin riskli iş davranışlarının arttırdığını ileri sürerek prim sisteminin etkileri göz önünde bulundurulduğunda tartışmanın halen devam etmekte olduğu açıklanmıştır. Bu çalışma halen İsveç'te faaliyet gösteren nükleer güç santrallerinde uygulamada olan prim sistemi ile güvenlik temelli davranış ilişkisinin potansiyel etkilerini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır.

Bu çalışmaya konu olan teşvik sisteminin metal imalat sektöründe kullanılan mekanik ve hidrolik presleri kapsamının nedeni bu makinelerin potansiyel risk seviyelerinin yüksek olduğunun düşünülmesidir. Gardner ve arkadaşları [13], küçük boyutlu üretim işletmelerinde mekanik ekipman yaralanmaları konulu çalışmalarında 35 küçük işyerini kapsayan bir çalışma yapmışlardır.

Araştırmacılar 35 yönetici ve 145 çalışana anket uygulamıştır. Yapılan çalışmada, katılımcıların %58'i iş kazası yaralanması noktasında tecrübesinin olduğunu belirtmiştir. Baskı presleri ve taşlama makinaları saat başına düşen kaza oranında en yüksek bulunmuştur. Kazalara etken ortak faktörlere bakıldığında çalışma prosedürleri, olmayan veya yetersiz fiziksel koruyucu bariyerler, kötü makine tasarımı ve makinanın kötü durumda olması görülmektedir.

Yine preslere ilişkin yapılan bir başka çalışma Shin, Choi ve Lee'ye [14] ait olup pres makinalarında karşılaşılan yaralanmalı kazalardan pres kalıpları arasında uzuvların sıkışması üzerinde durulmuş, 3 yıllık bir anket çalışanlara uygulanarak güvenlik bilinç düzeyleri ölçülmüş, kalıp çalışmalarında güvenliği geliştirici metotlar araştırılmıştır. Bu engellemek için tehlike bölgesinden el ve parmakları uzak tutacak çalışma sistemleri ve ekipmanların öneminden bahsedilmiştir.

Raafat'ın [15], hazırladığı risk değerlendirme ve makine güvenliği adlı çalışmasına göre gelişen teknoloji ile beraber makinelerde programlanabilir elektronik sistemler, pnömatik ve hidrolik sistemler daha yoğun yer almaya başlamıştır. İlgili çalışmada PLC'lerin güvenlik tasarım unsurlarına yer verilmiştir. Makine emniyeti üzerine yapılan bir çalışma da Cordero, Sanz, Otero ve Guijosa'nın [16] yaptıkları çalışmadır. Çalışmada, makine direktifi kapsamında yapılan piyasa gözetimi-denetimi faaliyetlerinin etkinliğini ölçmek için prosedür oluşturulmuş, İspanya'da son beş yılda her yıl gerçekleştirilen makine ürünleri fuarından elde edilen örnekler kullanılmıştır. Güvenliğe ilişkin belli bir ürün için kontrol sürecinin güvenilirliği matematiksel bir model ile karakterize edilmiştir. Çalışmadaki amaç, ilgili makinenin tasarım ve üretim aşamasından makine direktifinin belirlediği temel sağlık ve güvenlik kriterlerine uygunluğu harmonize standartları da göz önünde tutarak doğrulamaktır. Preslerde en önemli tehlike kaynağı hareketli kalıp tertibatı arasında vücut uzuvlarının sıkışması olarak göze çarpmaktadır. Chiniah [17] tarafından Kanada'nın Quebec bölgesinde rapor edilen makinaların hareketli kısımlarından kaynaklı 106 adet kaza incelenmiştir. İnceleme sonucunda kazaların en önemli nedenleri makinenin hareketli kısımlarına kolay erişim, yetersiz makine koruyucuları, enerji kesme prosedürlerinin yetersizliği veya olmayışı, çalışanların eğitim eksikliği, makine koruyucularını manipüle etme, yetersiz risk değerlendirme, eksik denetim, kötü makine tasarımı, uygun olmayan çalışma yöntemleri ve çalışma talimatları olarak belirlenmiştir. Bir başka çalışma Vaillancourt ve Snook'un [18], makine koruyucularına ilişkin tavsiyelerini içeren yapmış oldukları çalışma olup makinelerdeki tehlikeli boşluklarla bu boşluklara erişimi engelleyecek güvenlik mesafelerine ilişkindir. Bunun için Amerikan işyerleri özelinde olmak üzere altı adet antropometrik anket sonucunun yasal olarak önerilen güvenlik mesafelerinin yeterliliği üzerine çalışma yapmıştır. Sonuç olarak oluşturduğu tabloda maksimum tehlikeli boşluk boyutu ile olması gerekli minimum güvenlik mesafesi arasındaki tavsiyesini ortaya koymuştur.

Işık perdeleri gibi güvenlik donanımlarının fonksiyonları güven içerisinde yerine getirmeleri, güvenlik kontrol ünitelerinin varlığı ve bunların uygun güvenlik seviyesinde çalışmasına bağlıdır. Bunu ilişkin hususlar B tip standart olan TS EN ISO 13849 [19] standardında ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Yani başka bir deyişle güvenlik donanımlarının güvenliğe ilişkin kontrol üniteleri özel nitelikte olmalı ve uygun güvenlik seviyesinde fonksiyon gösterecek şekilde tesis edilmelidir. Ancak güvenlik kontrol ünitelerine ilişkin sahada birçok problemle karşılaşılabilir. Örneğin Jocelyn, Baudoin, Chinniah ve Charpentier'in [20] çalışmalarında, endüstride kullanılan makinelerin zaman içinde modifiye veya başka makinelere entegre edildiği, bu durumda da güvenliğe ilişkin elektronik devrelerinin güvenlik seviyelerinin tekrar doğrulanması gerektiği belirtilmiştir.

Koç, ve Akbıyık'ın [21] çalışmalarında, alınmayan iş güvenliği önlemleri sonucunda Türkiye'deki firmaların karşılaştıkları maddi kayıplara ilişkin tespitler bulunmaktadır. İş güvenliği önlemlerine yapılamayan yatırımların sadece firmaları mali olarak etkilemediği, her yıl SGK'nın bütçe açığının %1,5'ni oluşturarak ülke ekonomisine de ciddi zararı dokunduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada iş kazaların sonucu oluşan işletme maliyetinin insan varlığının korunması gibi kutsal bir amaç göz önünde bulundurulduğunda konunun sadece bir boyutunu oluşturduğu ifade edilmiştir.

Ünal, vd.nin [22] çalışmalarında SGK istatistikleri ayrıntılı olarak incelenmiş olup en çok iş kazasının metal imalat sanayi sektöründe olduğu açıkça belirtilmiştir. İlgili çalışmanın ortaya koyduğu veriler bu çalışmanın amacını da bu yönden desteklemektedir.

Bayram, vd.nin [23] çalışmasında iş güvenliğine yapılan harcamaların bir maliyet değil işletmeler için yatırım olduğu belirtilmiştir. İlgili çalışma imalat sektöründe yer alan 229 firmayı kapsamış olup bunların 103 adedi metal imalat sanayinde yer alan firmalardan oluşmaktadır. Çalışmanın sonucunda iş güvenliğine yapılan yatırımlar ile iş kazası oranlarının azalması arasında bir doğru orantı bulunmuştur, ancak aynı sonuç yani iş güvenliği yatırımlarının artması ile uzuv kayıplı ve ölümlü iş kazası sayısının azalması arasında istatistiki bir uyuma ulaşılamadığından bahsedilmiştir. Yapılan çalışmada seçilen yöntem, firma profesyonellerine yapılan anket sonuçlarının analizi olup yapılan fiili yatırımlar ve iş kazasına etkisini içerek bir yöntem değildir. Yani analiz sonuçları firma yöneticilerinin görüşlerinin analizi şeklindedir. Ayrıca iş güvenliği yatırımları, iş güvenliği profesyoneli istihdamı maliyeti, kişisel koruyucu donanım temini gibi çok çeşit olmaktadır. Makine ve ekipmanların güvenli hale getirilmesi bu unsurlardan bir tanesidir. Bu çalışma bu yönü ile diğer çalışmaların eksikliklerini tamamlayacak bir kapı açmaktadır.

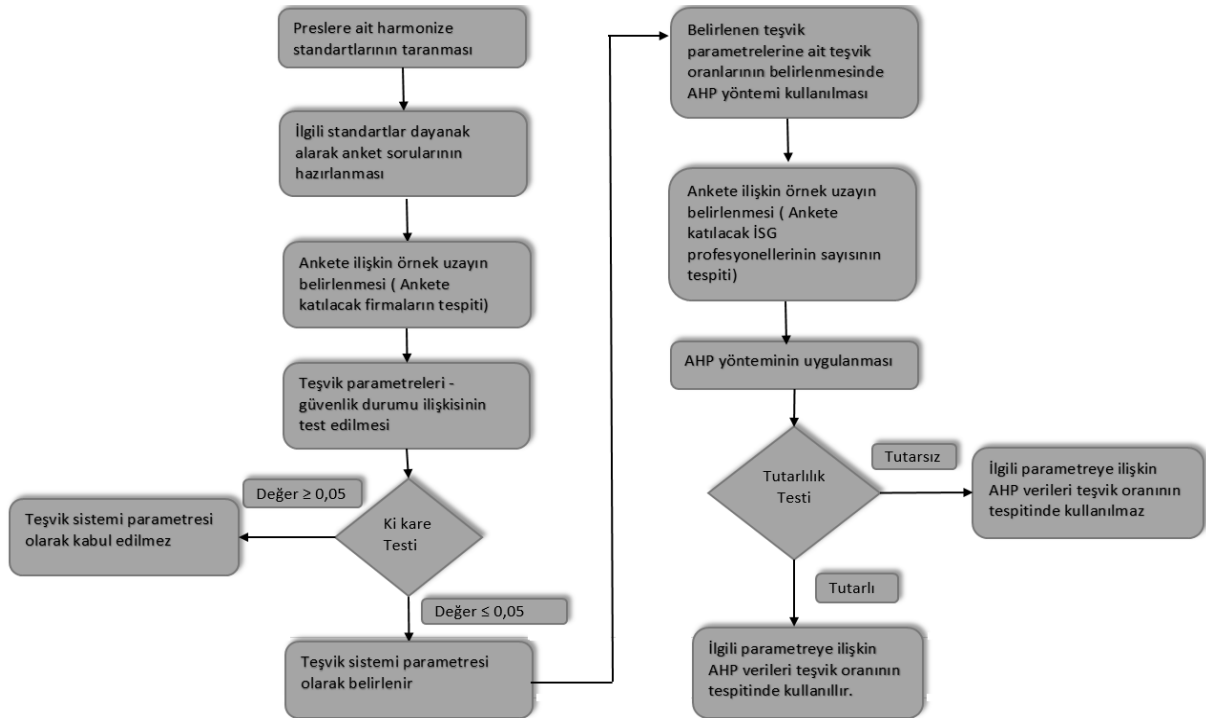
Şenol ve Yılmaz'ın [24] çalışmalarında, risk değerlendirmede uzman görüşlerinin etkisi bulanık-AHP yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca çalışmanın

metal sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmalarda uygulanmış olması bu çalışma ile benzerlik içermektedir. Çalışma sonucunda makine kaynaklı risklerin ilk üç risk kaynağından biri olarak belirlenmiş olması bu çalışmanın nedenlerini destekler niteliktedir.

Makinelerde oluşabilecek iş kazalarının önlenmesinde denetim, gözetim, eğitim, güvenli davranış gibi birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak bu çalışma makinelerden kaynaklı kazaların önlenmesinde ilk ve ön önemli basamak olan güvenli makinenin sağlanmasına odaklanılmıştır. Çalışma, sahada metalik parça imalatı preslerinin güvenlik durumunu tespit edecek anketin uygulanması, akabinde Türkiye'deki preslerin mühendislik açısından daha güvenli hale getirilmesi için gereken donanım masraflarının iş yerinin çalışan sayısı, ekonomik gücü gibi belli parametrelere göre hesaplanan oranlarda karşılanmasını sağlayacak teşvik sisteminin kurulmasını amaçlamaktadır. Bu teşviklerle, güvenlik seviyesi yükseltilecek preslerle metal imalat sektöründe sıkça yaşanan uzuv kayıplı iş kazalarının sayısının azaltılması hedeflenmektedir.

2. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

Türkiye'de makine emniyeti yönetmeliği olarak adapte edilen makine direktifi (2006/42/AT) genel olarak makinelerle ilişkin temel güvenlik gereksinimlerinden bahsederken aynı zamanda makinelerin piyasaya güvenle arz edilmesi için izlenmesi gereken yol ve yöntemlerden de bahsetmektedir. İlgili direktif tüm Avrupa Birliği ülkeleri içinde geçerli olan bir direktiftir. Presler bu yönetmeliğin Ek IV kapsamına girdiği için uygunluk değerlendirme prosedürünü izlemede kritik soru bu makineye ait harmonize standart olup olmadığıdır. Presler sanayide sıklıkla kullanılan makinelerden olduğundan bu preslere ait uyumlaştırılmış standartlar mevcuttur. Bir makine imalatçısının uyumlaştırılmış standart kullanmadan makine imal etmek istemesi durumunda, makine emniyeti yönetmeliği gereği onaylanmış bir kuruluş kullanması zorunlu hale gelmektedir. Ancak presler için sahadaki pratik uygulama genellikle harmonize standartlara uygun pres imali şeklindedir. Bu çalışma kapsamındaki ilgili standartlar şunlardır; TS EN 692+A1: Takım tezgahları--Mekanik presler- Güvenlik [25] ve TS EN 693: Takım tezgahları - Hidrolik presler- Güvenlik'tir [26]. Harmonize standartlar esas alınarak anket soruları hazırlandıktan sonra anketler Merzifon Organize Sanayi Bölgesi ile Sincan Organize Sanayi Bölgesinde yürütülmüştür. Anketler metal sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmalara uygulanmıştır. Ancak otomotiv sanayine iş yapan firma sayısı azdır; bunun nedeni anketin iç Anadolu bölgesinde uygulanmış olmasıdır. Saha anketleri sonucunda preslerin güvenlik durumlarına ilişkin veriler elde edilmiştir. Daha sonra ki-kare testi uygulanarak teşvik sisteminde kullanılmak istenen parametreler ile bu parametrelerin pres güvenlik durumu arasındaki istatistiki ilişki araştırılmıştır. Şekil 1'de görüleceği üzere istatistiki olarak ilişki bulunanlar teşvik sistemine dahil edilirken ilişki bulunmayan parametreler teşvik sisteminde kullanılmamıştır.



Şekil 1. Önerilen teşvik sistemi uygulama adımları (Steps of the proposed incentive system)

Makinelerin iş güvenliği açısından risklerinin belirlenmesinde TS EN ISO 12100 [27] adlı standart mevcut olduğundan, bu standart teşvik oranlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Ancak teşvik oranlarının firma çalışan sayısı ve makine yaşına (bu iki parametre ki-kare testi sonucu teşvik sistemine dahil edilmiştir) bağlı olarak belirlenmesinde yararlanılacak herhangi bir standart mevcut değildir. Bu durumda bu iki parametreye ilişkin teşvik oranlarının belirlenmesinde konuya ilişkin profesyonellerin eğilimlerini dikkate alan bir anket yapılmış olup teşvik tercih eğilimlerinin belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmıştır. Konuya ilişkin profesyoneller Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı iş güvenliği konusunda çalışan bakanlık uzmanları olarak belirlenmiştir. AHP yöntemi sonucunda tutarlılık testinde geçen ve tercih eğilimini ortaya koyan yüzdeler tercih oranlarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

3. UYGULAMA ADIMLARI (APPLICATION STEPS)

3.1. Pres Güvenlik Anketi (Survey on the Press Safety)

3.1.1. Anket sorularının belirlenmesi (Determining the survey questions)

Mekanik ve hidrolik preslere ilişkin anket sorularının hazırlanmasında ilgili makinelere ait harmonize standartlardan yararlanılmıştır. İlgili harmonize standartlarda, güvenliğin birçok boyutuna ilişkin (mekanik, elektrik, gürültü, vibrasyon vs.) temel gereklilikler bulunmakla birlikte bu çalışmada mekanik tehlikelere (kesme, kırılma, sıkışma vs.) ilişkin risklerin sahadaki durumunun tespiti amaçlanmaktadır. Şekil 2'den görüleceği

üzere güvenliğe ilişkin soruların standart dayanakları, soruların altında belirtilmiştir. Bu anketteki sorular preslerin güvenlik durumlarının makine tipi, makine yaşı, büküm kapasitesi, işyerindeki çalışan sayısına göre değişimini parasal teşvik oranlarının belirlenmesinde yararlanılması amaçlanarak hazırlanmıştır.

3.1.2. Anket çalışması için veri toplama yöntemleri (Data collection methods for the survey)

Mekanik ve hidrolik preslerin güvenlik durumlarının analizi için iki adet organize sanayi bölgesinde saha anketleri yürütülmüştür. Bunlardan birincisi Merzifon Organize Sanayi Bölgesi, ikincisi ise Sincan Organize Sanayi Bölgesidir. Merzifon Organize Sanayi Bölgesinde mekanik ve hidrolik pres olan tüm işyerlerine gidilerek saha anketleri yapılmış, Sincan Organize Sanayi Bölgesinde ise firma sayısı çok fazla olduğundan örnekleme yoluyla firmalara gidilerek saha anketleri yürütülmüştür.

Merzifon organize sanayi bölgesinde tüm sektörlerden toplam 37 kayıtlı firma bulunmaktadır. Bunlardan mekanik ve hidrolik pres kullanan toplam 9 adet firmanın tamamında anket uygulanmıştır. Firmaların yaptığı faaliyet konularına bakıldığında, 5 firma aspiratör ve davlumbaz imalatı yapmakta, 1 adeti traktör kabini imalatı yapmakta, 1 adeti saç bükme ve polisaj faaliyetinde bulunmakta, son 1 adeti ise elektrikli motor imalatı yapmaktadır.

Ankara Sincan Organize Sanayi Bölgesinde ise toplam 251 adet tüm sektörlerde faaliyet gösteren firma bulunmaktadır. İlgili OSB'nin internet sitesinde kendi yapmış olduğu sektör sınıflamasına göre en fazla mekanik ve hidrolik pres

1) PRESİN ÇEŞİDİ
a) Eksenrik b) Hidrolik c) Mandallı

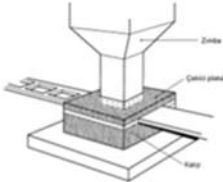
2) GÖVDE YAPISI
a) C Tip b) H Tip c) H tip svama (çalışma kursu 10 mm/s)

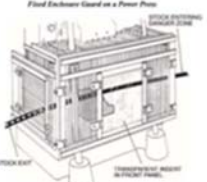
3) PRESİN BÜKÜM KAPASİTESİ
a) Kapasite ≤ 10 Ton
b) 10 Ton < kapasite ≤ 20 Ton
c) 20 Ton < kapasite ≤ 30 Ton
d) 30 Ton < kapasite ≤ 40 Ton
e) 40 Ton < kapasite ≤ 50 Ton
f) 50 Ton < kapasite ≤ 75 Ton
g) 75 Ton < kapasite ≤ 100 Ton
h) 100 Ton < kapasite ≤ 500 Ton
i) 500 Ton < kapasite ≤ 1000 Ton
j) kapasite ≥ 1000 Ton

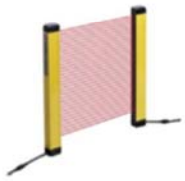
4) FİRMANIN ÇALIŞAN SAYISI
a) 0 < Çalışan sayısı ≤ 10
b) 10 < Çalışan sayısı ≤ 50
c) 50 < Çalışan sayısı ≤ 100
d) 100 < Çalışan sayısı ≤ 200
e) 200 < Çalışan sayısı ≤ 500
f) Çalışan sayısı ≥ 500

5) MAKİNEİN YAŞI
a) 0 < Makinenin yaşı ≤ 10
b) 10 < Makinenin yaşı ≤ 20
c) 20 < Makinenin yaşı ≤ 30
d) 30 < Makinenin yaşı ≤ 40
e) Makinenin yaşı ≥ 40

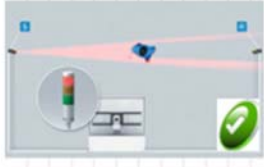
7) ŞEKLİLENDİRME TAKIMINDA KULLANILAN KORUYUCU EKİPMANLAR TS EN 693 MADDE 5.3 TS EN 692:2006+A1:2010-01 MADDE 5.3
a) Hiç yok veya makine imalatçısı tarafından sağlanmamış
b) Kapalı kalıp kullanılmakta
c) Sabit kapalı koruyucu kullanılmakta

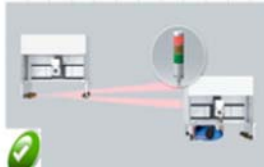
d) Mahfaza kilitlemeli ara kilitleme mahfazaları


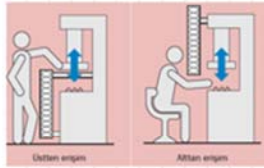
e) Besleme açıklığı olan ayarlanabilir cit


f) Işık perdesi kullanılmakta



g) Kullanıcı tarafından sö (Ctrl) evre dışı bırakılmıştır (manüpile edilmiştir).
b1) Kapalı takımlar kendiliğinden güvenli olmalıdır. Bunların açıklıkları ve tekabül eden kurslar, EN 249 Çizelge 4'te belirtilen kuralları karşılamaktadır veya 6 mm'yi

f1) Işık perdesi yansımaları engelleyecek şekilde konumlandırılmıştır.

Evet Hayır

f2) Işık perdesi doğru monte edilmiştir.

Evet Hayır

f3) Işık perdesi güvenlik mesafesi düşünülmediğinde presi etkin bir şekilde durdurmaktadır. (TS EN ISO 13855)

Evet Hayır

f4) Işık perdesi EN 61496-1 Tip 4'e uygun ve prEN 61496-2'ye uygun olarak tasarlanmıştır
Evet Hayır

9) PRESLERDE KUMANDA SİSTEMİ EKİPMANLARI TS EN 692:2006+A1:2010-01 MADDE 5.4; TS EN 693:2004 MADDE 5.4
a) Emniyet PLC sağlanmamış
b) Emniyet PLC kullanılmakta

b1) Emniyet PLC'si uygun güvenlik fonksiyonlarında ilgili standart maddesinde belirtilen güvenlik seviyesinde entegre edilmiştir.
Evet Hayır

Şekil 2. Pres Güvenlik Anket Sorularının Bazıları (Appendix A. Some of Press Safety Questionnaire)

bulunma ihtimali bulunan elektrikli ev aletleri ve dayanıklı tüketim malları üretimi yapan birinci grup firmalardan toplam 5, makine parkında daha az mekanik ve hidrolik pres bulunduğu düşünülen ve madeni eşya sanayi alanında faaliyet gösteren 2. grup firmalardan toplam 5, ilgili preslerden firmanın makine parkında en az miktarda

bulunması beklenen makina ve alet sanayi alanında faaliyet gösteren 15 adet firma bulunmaktadır. Toplam 25 firma arasından örnek çapının belirlenmesinde Eş. 1'deki denklemden faydalanılır:

$$n = \frac{N \cdot P \cdot Q \cdot Z_{\alpha}^2}{(N-1) \cdot d^2} \quad (1)$$

Burada,

- N : Evren birim sayısı,
 n : Örneklem büyüklüğü,
 P : Evrendeki X'in gözlenme oranı,
 Q (1-P) : X'in gözlenmeme oranı.
 Z_{α} : Güven aralığı
 D : Örneklem hatası

n'nin belirlenmesinde aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır:

P=0,6; Q=0,4 (makinelere ile ilgili yığının durumu, bir ön bilgi olarak makinelerin yüzde 60'nda problem olduğu düşünülmüştür).

Z_{α} : $\alpha=0,05$ için 1,96 (=2) değerleri
 d=0,025

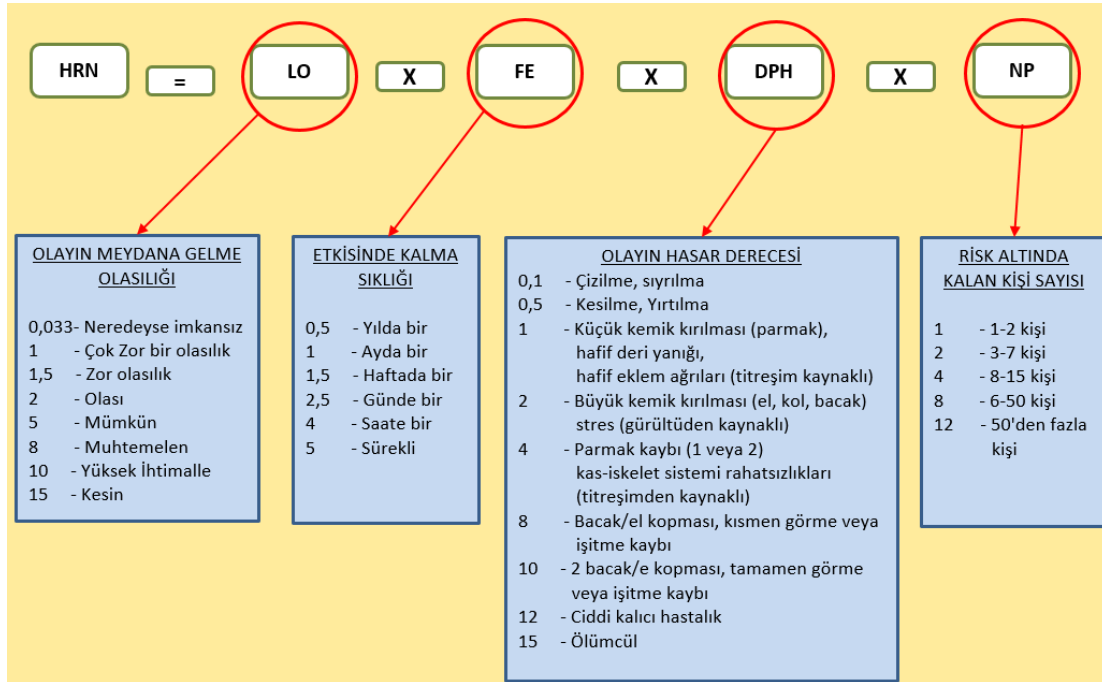
Buna göre Eş. 1 kullanılarak n=10 olarak hesaplanır. Yani 25 firma arasından 10 firma seçilecektir. Pres durumuna göre 3 farklı gruba ayrılmış firmalardan 1. grupta 1869 çalışan, 2. grupta 213 çalışan ve 3. grupta da 1598 çalışan vardır. Çalışan sayısı ve makine sayısı arasında bir doğru orantı varsayıldığından; yani "ne kadar çok çalışan varsa o kadar da makine vardır" varsayımından, bu 3 grup doğal tabaka olarak kabul edilip her tabakanın büyüklüğü oranında firma örneklem olarak alınabilir. Bu da ilk gruptan 4, ikinci gruptan 1 ve 3. gruptan da 5 firmanın örnekleme alınacağı sonucunu verir (yaklaşık olarak ve burada son grupta çok sayıda firma olduğu da dikkate alınmıştır).

Tüm anketler, gözlem sonuçlarında farklı yorum ve anlayışların oluşmasını engellemek için aynı kişi tarafından sahada yürütülmüştür. Anketlerin yürütülmesi uzman teknik

bakış açısı gerektirdiğinden kesinlikle pres operatörü veya benzeri fabrika çalışanları kanalıyla yapılmamış bizzat bu anketleri hazırlayan kişi tarafından yürütülmüştür.

3.2. Makine Risk Değerlendirme Yöntemi (Evaluation of Machine Risk)

Teşvik yazılımında teşvik oranının hesaplanmasında kullanılacak yöntem risk analizi olacaktır. Bu konuda yararlanılan uluslararası risk değerlendirme metodolojisi olarak makine üreticilerinin de kullandığı TS EN ISO 12100:2010 "Makinalarda güvenlik – Tasarım için genel prensipler – Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması" standardı olacaktır. TS EN ISO 12100:2010 [27] standardı makine üreticilerinin imal ettikleri makinelerin risklerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. CE işaretlemesi kapsamında makine imalatçıları, bu standart doğrultusunda hazırladıkları risk değerlendirme dokümanlarını teknik dosyalarına koymaktadırlar. Şekil 3'den görüleceği üzere risk değerlendirme, dört risk değerlendirme unsurunun çarpımı yoluyla hesaplanır. Bunlardan teşvik sistemi yazılımında sadece frekans (etkisinde kalma sıklığı) parametresi kullanılacaktır. Çünkü diğer parametreler olan risk altında kalan kişi sayısı, olayın hasar derecesi ve olayın meydana gelme olasılığı güvenlik ekipmanları teşvik sonucunu değiştirecek özellikte değildir. Başka bir deyişle preste olan kazaların sonucu büyük çoğunlukla uzuv kayıplı olmaktadır ve genellikle bir kişiyi etkilemektedir. Ancak etkisinde kalma sıklığı değişebilmektedir. Örneğin bir presin bakım amaçlı haftada bir kullanılması ile imalat prosesinde sürekli kullanılması arasında oluşan iş güvenliği riski bakımından büyük farklılık doğmaktadır. Buradan hareketle sık kullanılan makinelerde güvenlik ekipmanı teşvik oranı daha yüksek hesaplayacak yazılım hazırlanmıştır.



Şekil 3. Risk değerlendirme matrisi [27] (Risk assessment matrix)

3.3. Teşvik Oranlarının Belirlenmesinde AHP Yöntemi (The AHP Method In Determining Incentives Ratios)

3.3.1. AHP yöntemi (The AHP method)

Analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) akademik literatürde üzerine çokça çalışılan bir yöntemdir. Analitik Hiyerarşi Prosesi 1970'li yılların ortasında Pensilvanya Üniversitesinden Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen ölçme ve karar verme için kullanılan matematiksel bir teoridir [28]. Hiyerarşik yapının her seviyesinde, ikili karşılaştırmalar yapılarak, karşılaştırma yapılan elemanların ağırlıkları (hiyerarşik yapı içerisinde bağlı oldukları elemana katkısı, rölatif önemleri) hesaplanır [29]. Sonuç olarak AHP'nin subjektif görüşleri kantitatif şekle dönüştürebilmesi açısından çok çeşitli alanlarda uygulama kapasitesine sahiptir.

AHP'de karar vericinin amacı doğrultusunda faktörlerin ve faktörlere ait olan alt faktörlerin belirlenmesi ilk adımdır. AHP'de öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda amacı etkileyen faktörler saptanmaya çalışılır, bu aşamada karar sürecini etkileyen tüm faktörlerin belirlenebilmesi için anket çalışmasına veya bu konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurulabilir [30].

3.3.2. AHP yöntemi için uygulanacak ankette örnekleme büyüklüğünün tespiti (Determination of sampling size in the questionnaire to be applied for AHP method)

Aile, Çalışma Sosyal Politikalar Bakanlığında alınan açık verilerden yararlanılarak, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğüne bağlı toplam 197 adet uzman ve uzman yardımcısı olduğu öğrenilmiştir. Bu sayı için gerekli olan örneklem büyüklüğü istatistiksel analiz tekniklerinden faydalanılarak %90 güven aralığında aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır [31].

$$n = \frac{Nt^2pq}{d^2(N-1)+t^2pq} \quad (2)$$

t=1,65 (teorik t değeri tablodan bulunmuştur.)
d=α=0,10 (olayın görülüş sıklığına göre örnekleme hatası)
p=0,5 (incelenen olayın görülüş sıklığı)
q=0,5 (incelenen olayın görülmeişi sıklığı)
N=197 (İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğüne bağlı uzman ve uzman yardımcılarının toplam sayısı) Eş. 2'den örneklem büyüklüğü n=51 adet olarak belirlenmiştir. Bu hesaplama sonucu 51 uzman ve uzman yardımcısına Tablo 1'deki anket uygulanmıştır.

4. BULGULARIN ANALİZİ (ANALYSIS OF RESULTS)

4.1. Anket sonuç verileri (Survey data results)

Anket uygulanan preslerin adetlerinin pres türlerine göre Merzifon, Ankara Sincan OSB ve toplamda dağılımı Şekil 4'de verilmiştir. Şekilden anlaşılacağı üzere toplam 108 pres

makinesinde bu anket yürütülmüş olup pres türü olarak eksantrik pres %56 oranla en yoğun karşılaşılan pres türüdür.

Toplam 16 firmada mekanik ve hidrolik prese rastlanmış olup bunların çalışan sayılarına göre dağılımı Şekil 5'te verilmiştir. Anket toplam 19 firmada uygulansa da gidilen bazı firmalarda mekanik ve hidrolik tipte prese rastlanmadığından sayı 16 firma ile sınırlı kalmıştır. Firmaların çalışan sayılarının dağılımlarına bakıldığında 50 - 100 çalışanı olanların yoğunlukta olduğu görülmüştür.

Şekil 5'ten görüleceği üzere toplam 108 adet mekanik ve hidrolik presin imalat yılı esas alınarak yaş durumlarına göre dağılımına bakıldığında 20 yaşından genç pres dağılımı toplam 72 adetle ankete katılan toplam pres sayısının yarısından fazlasına eşit olduğu görülmektedir. Bu durumda firmaların pres parkının nispeten genç olduğu söylenebilir.

4.2. Ki- kare Testi (Chi-square Test)

Anket verileri SPSS programında ki-kare testi yoluyla analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda preslerin güvenlik durumları ile hangi parametrelerin ilişkili olduğu ve bu ilişkinin yönünün nasıl olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. İlişkili parametreler teşvik sistemine dahil edilmiştir. Teşvik sistemine dahil edilen parametrelere ilişkin teşvik oranlarının belirlenmesi amacıyla 3. bölümde açıklanan AHP yöntemi için belirlenen örnek uzayında uygulanmıştır. Bu bölümde ise AHP sonuçları ile tutarlılık analizi yapılarak ilgili parametrelere ilişkin nihai teşvik oranları belirlenmeye çalışılmıştır.

Sahada uygulanan bu ankette sorulan soruların oluşturduğu değişken gruplarının birbiri ile ilişkili olup olmadığı ki-kare testi yardımı ile araştırılmıştır. Bu analiz yöntemi SPSS istatistik yazılımı kullanmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. SPSS analiz çıktı sonuçlarının pres büküm kapasitesi ile güvenlik durum ilişkisi için özet tablosu Tablo 2'de verilmiştir. Görüldüğü üzere pres büküm kapasitesi ile güvenlik durumu arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Anket sonuçları güvenlik durumuna ilişkin sonuçları tüm pres büküm kapasitelerinde uniform bir dağılım sergilemesi bu istatistiksel sonucu doğrulamıştır. Tablo 3'de fabrika çalışan sayısı ile güvenlik durumlarının ilişkisinin ki-kare analiz sonuçları listelenmiştir. Tablo 3'nin 1, 2 ve 4. satırlarında görüldüğü üzere çalışan sayısı arttıkça ışık perdesinin doğru konumlandırılması, doğru montajı ve standartlara uygun ışık perdesi kullanımı hususlarına uyulmadığı ilişkisi ortaya çıkmaktadır. Bir başka güvenlik durumu preslerde emniyet PLC kullanımı ile firma çalışan sayısı ilişkisine ilişkindir. Tablo 3 sıra no 5'ten görüleceği üzere bulunan ki-kare analiz sonucu 0,14 bulunmuş olup bu değer 0,05'ten büyük olduğu için anlamlı ilişki bulunamamıştır. Ancak bu değer 0,05'e yakın bir değer içermesi anlamlı olmasa da firma çalışan sayısı ile emniyet PLC kullanımı arasında zayıf bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Bu ilişkinin yönü ise firma çalışan sayısı arttıkça emniyet PLC kullanımı yönündedir.

Tablo 1. AHP yöntemi ile teşvik önceliği tespit anket soruları (*Incentive priority survey questions with AHP method*)

Ad Soyad:	İmza :	
Makinelere iş güvenliği yönünden verilecek teşvik oranlarının belirlenmesinde dikkate alınan kriterler aşağıdaki gibidir ve sizden beklenen ilgili kriterlerin ağırlıklarını AHP skalası ile derecelendirilmenizdir:		
Önem skala değerleri ve tanımları		
Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenekte eşit derecede öneme sahip
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

Makine Yaşı – Teşvik önceliği

	Makinenin yaşı ≥ 40	$30 < \text{Makinenin yaşı} \leq 40$	$20 < \text{Makinenin yaşı} \leq 30$	$10 < \text{Makinenin yaşı} \leq 20$	$0 < \text{Makinenin yaşı} \leq 10$
Makinenin yaşı ≥ 40	1				
$30 < \text{Makinenin yaşı} \leq 40$		1			
$20 < \text{Makinenin yaşı} \leq 30$			1		
$10 < \text{Makinenin yaşı} \leq 20$				1	
$0 < \text{Makinenin yaşı} \leq 10$					1

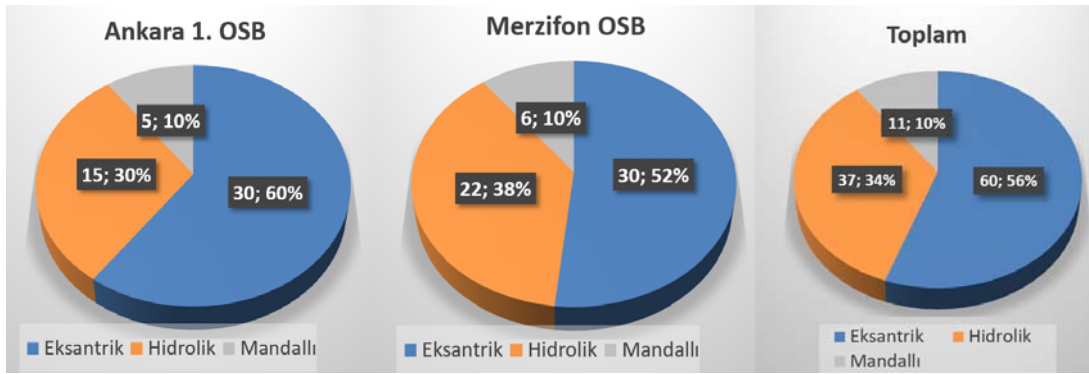
Örneğin: Kurulacak olan teşvik sisteminde (teşvik verilmesinde) makine yaşı 40'ın üzerinde olan makine önceliği makine yaşı 10 ile 20 arasında olana göre kuvvetli derece önemli ise 5 puan verilmesi

Firma çalışan sayısı – Teşvik önceliği

	Çalışan sayısı ≥ 500	$200 < \text{Çalışan sayısı} \leq 500$	$100 < \text{Çalışan sayısı} \leq 200$	$50 < \text{Çalışan sayısı} \leq 100$	$10 < \text{Çalışan sayısı} \leq 50$	$0 < \text{Çalışan sayısı} \leq 10$
Çalışan sayısı ≥ 500	1					
$200 < \text{Çalışan sayısı} \leq 500$		1				
$100 < \text{Çalışan sayısı} \leq 200$			1			
$50 < \text{Çalışan sayısı} \leq 100$				1		
$10 < \text{Çalışan sayısı} \leq 50$					1	
$0 < \text{Çalışan sayısı} \leq 10$						1

Örneğin : Kurulacak olan teşvik sisteminde çalışan sayısı 500'ün üzerinde olan firmaların önceliği çalışan sayısı 10'un altında olan firmalara göre kesin önemli ise 9 puan verilmesi

NOT: Katılımcılar doktora çalışması kapsamında yapılan ankete ilişkin olarak bilgilendirilmiştir. Katılımınız için teşekkürler...



Şekil 4. Pres türlerinin dağılımı (Distribution of types of presses)



Şekil 5. Firmaların çalışan sayısına ve preslerin imalat yılı esasına göre dağılımı göre dağılımı (Distribution of companies by number of employees and presses according to model year)

Tablo 2. Pres büküm kapasitesi ile güvenliğe ilişkin durumların ilişkisinin ki-kare analiz sonuçları (The results of chi-square analysis of the relationship between press bending capacity and safety related situations)

Değişken 1	Değişken 2	Pearson Ki-kare sonucu	İlişkinin Varlığı
Presin Büküm Kapasitesi (Anket Soru 3)	Işık perdesi yansımaları engelleyecek şekilde konumlandırılmıştır. (Anket Soru 7-f1)	0,349	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.
Presin Büküm Kapasitesi (Anket Soru 3)	Işık perdesi doğru monte edilmiştir. (Anket Soru 7-f2)	0,548	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.
Presin Büküm Kapasitesi (Anket Soru 3)	Işık perdesi presi etkin şekilde durdurabilmektedir. (Anket Soru 7-f3)	0,914	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.
Presin Büküm Kapasitesi (Anket Soru 3)	Işık perdesi standartlara uygundur. (Anket Soru 7-f4)	0,914	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.
Presin Büküm Kapasitesi (Anket Soru 3)	Emniyet PLC kullanımı (Anket Soru 9)	0,751	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.

Tablo 4'te makine yaşı ile güvenlik durumlarının ilişkisine ilişkin ki-kare test sonuçlarının tablosu verilmiştir. Tablodan çıkan istatistiksel analiz sonuçları tam da beklendiği üzere makinenin yaşı ile güvenlik durumu arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu ilişkinin yönü makine yaşlandıkça güvenlik durumunun kötüleşmesi şeklindedir ki bu da beklenen bir sonuçtur.

4.3. AHP Anket Sonuçları (AHP survey results)

51 adet bakanlık iş güvenliği uzmanına makinelere iş güvenliği yönünden verilecek teşvik oranlarının belirlenmesinde Tablo 1'deki anket uygulanmıştır. Öncelikle ankete verilen cevapların geometrik ortalaması alındığında makine yaşı – teşvik önceliği AHP sonuç matrisi Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 3. Fabrikada çalışan sayısı ile güvenliğe ilişkin durumların ilişkisinin ki-kare analiz sonuçları
(Chi-square analysis of the relationship between the number of employees in the factory and safety status)

Sıra No	Değişken 1	Değişken 2	Pearson ki-kare sonucu	İlişkinin Varlığı	İlişkinin Yönü
1	Firma çalışan sayısı (Anket Soru 4)	Işık perdesi yansımaları engelleyecek şekilde konumlandırılmıştır. (Anket Soru 7-f1)	0,00	Değer 0,05'ten küçük olduğu için iki değişken arasında güçlü bir ilişki vardır.	Firma çalışan sayısı arttıkça güvenlik durumu kötüleşmektedir.
2	Firma çalışan sayısı (Anket Soru 4)	Işık perdesi doğru monte edilmiştir. Anket Soru 7-f2)	0,00	Değer 0,05'ten küçük olduğu için iki değişken arasında güçlü bir ilişki vardır.	Firma çalışan sayısı arttıkça güvenlik durumu kötüleşmektedir.
3	Firma çalışan sayısı (Anket Soru 4)	Işık perdesi presi etkin şekilde durdurabilmektedir. (Anket Soru 7-f3)	0,930	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.	
4	Firma çalışan sayısı (Anket Soru 4)	Işık perdesi standartlara uygundur. (Anket Soru 7-f4)	0,005	Değer 0,05'ten küçük olduğu için iki değişken arasında güçlü bir ilişki vardır.	Firma çalışan sayısı arttıkça güvenlik durumu kötüleşmektedir.
5	Firma çalışan sayısı (Anket Soru 4)	Emniyet PLC kullanımı (Anket Soru 9)	0,14	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.	

Tablo 4. Makine yaşı ile güvenliğe ilişkin durumların ilişkisinin ki-kare analiz sonuçları
(The chi-square analysis results of the relationship between machine age and safety related situations)

Sıra No	Değişken 1	Değişken 2	Pearson ki-kare sonucu	İlişkinin Varlığı	İlişkinin Yönü
1	Makine yaşı (Anket Soru 5)	Işık perdesi yansımaları engelleyecek şekilde konumlandırılmıştır. (Anket Soru 7-f1)	0,00	Değer 0,05'ten küçük olduğu için iki değişken arasında güçlü bir ilişki vardır.	Makine eskidikçe güvenlik durumu kötüleşmektedir.
2	Makine yaşı (Anket Soru 5)	Işık perdesi doğru monte edilmiştir. (Anket Soru 7-f2)	0,00	Değer 0,05'ten küçük olduğu için iki değişken arasında güçlü bir ilişki vardır.	Makine eskidikçe güvenlik durumu kötüleşmektedir.
3	Makine yaşı (Anket Soru 5)	Işık perdesi presi etkin şekilde durdurabilmektedir. (Anket Soru 7-f3)	0,349	Değer 0,05'ten büyük olduğu için iki değişken arasında anlamlı ilişki yoktur.	
4	Makine yaşı (Anket Soru 5)	Işık perdesi standartlara uygundur. (Anket Soru 7-f4)	0,001	Değer 0,05'ten küçük olduğu için iki değişken arasında güçlü bir ilişki vardır.	Makine eskidikçe güvenlik durumu kötüleşmektedir.
5	Makine yaşı (Anket Soru 5)	Emniyet PLC kullanımı (Anket Soru 9)	0,05	Değer 0,05'e eşit olduğu için iki değişken arasında bir ilişki vardır.	Makine eskidikçe güvenlik durumu kötüleşmektedir.

Tablo 5. Makine yaşı – teşvik önceliği AHP sonuç matrisi
(Machine age - incentive priority AHP result matrix)

Makina yaşı	≥40	30-40	20-30	10-20	0-10
≥40	1,000	2,597	4,110	6,031	8,033
30-40	0,385	1,000	2,785	4,280	6,098
20-30	0,243	0,359	1,000	2,670	4,089
10-20	0,166	0,234	0,375	1,000	1,903
0-10	0,124	0,164	0,245	0,525	1,000

İlgili anket sonuçları teşvik yazılımında kullanılmak üzere sütun normalizasyonu yapılarak satır ağırlıkları Tablo 6'da makine yaşı – teşvik önceliği için hesaplanmıştır. Tablo 7'de ise makinenin bulunduğu işyerinin çalışan sayısı – teşvik

önceliği için sütun normalizasyonu yapılarak satır ağırlıkları bulunmuştur. Satır ağırlıkları teşvik yazılımında kullanılmıştır.

4.4. AHP Anket Sonuçları İçin Duyarlılık Testi (Sensitivity Test For AHP Questionnaire Results)

AHP modellerinde verilecek son kararın güvenilirliği ile yakından ilgili olan bir faktör, karar vericinin ikili karşılaştırmalar sırasında tutarlı davranmasıdır. Bu tutarlılık ölçümündeki temel neden şudur: Kriterlere verilen ağırlık derecesi en nihayetinde yapılan ikili karşılaştırmalarla elde edilmektedir. Bu karşılaştırma sırasında yapılan mantık hataları faktörlerin tutarlılık değerini azaltacaktır. Tutarlılık

testi sonucunda elde edilen değer 0,1'den küçük ise ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olduğu kabul edilir. Tutarlılık testinin ilk aşaması makine yaşı – teşvik önceliği için Tablo 4'te verilen AHP sonuç matrisi ile Tablo 6'da verilen satır ortalaması (W) matrislerinin çarpılmasıdır. Bunun sonucunda d_i matrisi elde edilir. İkinci aşamada Eş. 3'den görüleceği üzere d matrisindeki her bir elemanın W matrisindeki her bir değere bölünmesi E matrisine ulaşılacaktır.

Tablo 6. Makine yaşı – teşvik önceliği için sütun normalizasyonu yapılmış matris
(Column normalization matrix for machine age - incentive priority)

Makina yaşı	≥40	30-40	20-30	10-20	0-10	Satır Ortalaması (W)
≥40	0,521	0,596	0,483	0,416	0,380	0,479
30 - 40	0,201	0,230	0,327	0,295	0,289	0,268
20 - 30	0,127	0,082	0,117	0,184	0,194	0,141
10 - 20	0,086	0,054	0,044	0,069	0,090	0,069
0 - 10	0,065	0,038	0,029	0,036	0,047	0,043
Toplam	1	1	1	1	1	1

Tablo 7. Makinenin bulunduğu işyerinin çalışan sayısı – teşvik önceliği için sütun normalizasyonu yapılmış matris
(Number of employees of the workplace where the machine is located - column normalized matrix for incentive priority)

Satır Ortalaması (W)	Çalışan sayısı					Toplam
	≥500	200-500	100-200	50-100	0-50	
0,403	0,258	0,152	0,092	0,056	0,040	1

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

Eş. 4 kullanılarak E matrisinin aritmetik ortalaması lamda katsayısını verecektir. Bu yol izlenerek makine yaşı – teşvik önceliği için λ katsayısı 5,122364, makinenin bulunduğu işyerinin çalışan sayısı – teşvik önceliği için lamda katsayısı ise 6,154428 olarak bulunmuştur.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

Tutarlılık hesabı Eş. 5'de verilen formül kullanılarak hesaplanacaktır. İlgili eşitlik Makine yaşı – teşvik önceliği için kullanıldığında CI= 0,030591, makinenin bulunduğu işyerinin çalışan sayısı – teşvik önceliği için kullanıldığında ise CI= 0,0308856 olarak bulunmuştur.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

RI değeri n değerine bağlı olarak Tablo 8'den seçilir. CI değeri RI değerine oranlanır. Bulunan sonuç makine yaşı – teşvik önceliği için 0,027313, makinenin bulunduğu işyerinin çalışan sayısı – teşvik önceliği için 0,024907 olarak hesaplanmıştır. Her iki değerde 0,1'den küçük olduğu için ikili karşılaştırma değerleri tutarlıdır.

Tablo 8. Tutarlılık testi rastsallık tablosu (Consistency test)

n	RI	n	RI
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Buraya kadar yapılan çalışmaların tamamı web ortamında hazırlanacak yazılımın alt yapısı niteliğinde olan parametreleri bazı durumlarda uluslararası standartlar kullanılmak suretiyle, bunun mümkün olmadığı durumlarda ise anket sonuçlarını istatistiksel olarak analizi yöntemi (ki-kare, AHP yöntemleri) kullanılmak suretiyle belirlenmeye çalışılmaktadır. Teşvik programına www.prestesvik.net adresinden girilebilmektedir. Sisteme, teşvik programından yararlanmak isteyen firmaların teşvik almak istedikleri prese ilişkin bilgileri girmeleri gerekmektedir. Parasal teşvik üst limitleri ve teşvik verilecek güvenlik ekipmanına ilişkin teşvik oranlarının hesaplanması için gerekli olan bilgiler bu sayfa yardımı ile toplanacaktır.

Şekil 6'da teşvik oranını belirlemek için gereken veriler yer almaktadır. Şöyle ki presin gövde yapısı C tip ise bir adet ışık perdesi eğer H tip ise tehlikeli bölgeye erişimi tamamen engellemek için 2 adet ışık perdesi için teşvik verilebilmektedir. Teşvik oranı ise firmanın çalışan sayısı karşısında yer alan teşvik oranı ile makine yaşı için belirlenen teşvik oranının toplanmasının risk faktörü yani presin kullanım sıklığı için belirlenen değişken ile çarpılması suretiyle belirlenmektedir. Firma çalışan sayısı ve makine yaşına ilişkin teşvik oranlarının belirlenmesinde, normalize edilen AHP matrisindeki veriler kullanılmıştır. Risk değerlendirme parametresinin belirlenmesinde ise TS EN ISO 12100 risk değerlendirme standardından yararlanılmıştır. Şekil 7'de teşvik sisteminin suüstimal edilmesini engellemek için verilecek teşvik oranının hangi maksimum limitler içerisinde uygulanacağını belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için teşvik talep edilecek presin tehlikeli bölgesinin içeren tabla genişlik ölçüleri belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu ölçüler kullanılmak suretiyle hangi ölçüde ışık perdesi kullanılacağı ve bu ışık perdesinin piyasadaki makul fiyatı ortaya konmuştur. Örneğin pres alanı 40 cm boyunda ise 45 cm genişliğindeki ışık perdesi fiyatı olan 4000 TL'ye kadar fatura edilen tutarın belirlenen oranı için teşvik verilecektir. Benzer şekilde presin tipine gövde tipine göre emniyet PLC için maddi teşvik üst limitleri belirlenmektedir. Şekil 7'da C tip eksantrik preste ışık perdesi ve emniyet PLC için teşvik üst limiti ve teşvik miktarı hesaplaması örnek olarak gösterilmiştir. Bu çalışma, ortaya koyduğu veriler ve yazılım alt yapısı ile bu teşvik sistemini uygulamaya koyabilecek

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Gi Heung Choi, Effectiveness of indirect safety regulation on industrial machines and devices in Korea, *Procedia Engineering*, 84, 122-125, 2014.
2. Antonio C. Caputo, Pacifico M. Pelagagge, Paolo Salini, AHP-based methodology for selecting safety devices of industrial machinery, *Safety Science*, 53, 202-218, 2013.
3. Marvin Rausand ve Ingrid Bouwer Utne, Product safety -Principles and practices in a life cycle perspective, *Safety Science*, 47, 939-947, 2009.
4. Andrew Hale, Barry Kirwan and Urban Kjellen, Safe by design; where are we now? *Safety Science*, 45, 305-327, 2007.
5. Saracino A., Curcuruto M., Antonioni G., Mariani M., Guglielmi D., Spadoni G., Proactivity-and-consequence-based safety incentive (PCBSI) developed with a fuzzy approach to reduce occupational accidents, *Safety Science*, 79, 175-183, 2015.
6. Fakhrain Ghasemi, Iraj Mohammadfam, Ali Reza Soltanian, Shahram Mahmoudi, Esmail Zarei, Surprising incentive: An instrument for promoting safety performance of construction employees, *Safety and Health at Work*, 9, 227-232, 2015.
7. Emily H. Sparer, Jack T. Dennerlein, Determining safety inspection threshold for employee incentives programs on construction sites, *Safety Science*, 51, 77-84, 2013.
8. Zhang Shu, Shi Xiuzhi, Yao Shu, Safety incentive for labor workers in state-owned mine enterprises in China, *Procedia Engineering*, 26, 2230-2238, 2011.
9. Paul H. P. Yeow, David T. Goomas, Outcome-and-behavior-based safety incentive program to reduce accidents: A case study of a fluid manufacturing plant, *Safety Science*, 70, 429-437, 2014.
10. Sarah Maslen, Andrew Hopkins, Do incentives work? A qualitative study of managers' motivations in hazardous industries, *Safety Science*, 70, 419-428, 2014.
11. Victor Y. Haines, Gregoire Merrheim, Mario Roy, Understanding reactions to safety incentives, *Journal of Safety Research*, 32, 17-30, 2001.
12. M. Mattson, I. Torbiörn, J. Hellgren, Effects of staff bonus systems on safety behaviors, *Human Resource Management Review*, 24, 17-30, 2014.
13. D. Gardner, J.A. Cross, P.N. Fonteyn, J. Carlopio, A. Shikdar, Mechanical equipment injuries in small manufacturing businesses, *Safety Science*, 33, 1-12, 1999.
14. Woon Chul Shin, Seung Ju Choi, Keun Oh Lee, The Prevention of the Injuries through the mold design of the press machine in South of Korea, *Procedia Engineering*, 45, 888-898, 2012.
15. H.M.N. Raafat, Risk assessment and machinery safety, *Journal of Occupational Accidents*, 11, 37-50, 1989.
16. Cristina Alén Cordero, José Luis Muñoz Sanz, Javier Echávarri Otero, Juan Manuel Muñoz Guijosa, Measurement of machinery safety level in the European market: Characterization of the compliance within the scope of MD98/37/EC, *Safety Science*, 51, 273-283, 2013.
17. Yuvin Chinniah, Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Safety Science*, 75, 163-173, 2015.
18. Donald R. Vaillancourt and Stover H. Snook, A review of machine-guarding recommendations, *Applied Ergonomics* 26 (2), 141-145, 1995.
19. Türk Standartları Enstitüsü, "TS EN ISO 13849-1 Makinelerde güvenlik- Kumanda sistemlerinin güvenlikle ilgili kısımları- Bölüm 1: Tasarım için genel prensipler".
20. Sabrina Jocelyn, James Baudoin, Yuvin Chinniah, Philippe Charpentier, Feasibility study and uncertainties in the validation of an existing safety-related control circuit with the ISO 13849-1:2006 design standard, *Reliability Engineering & System Safety*, 121, 104-112, 2014.
21. Koç M., Akbıyık N., Türkiye'de iş kazalarının maliyetleri ve çözüm önerileri, *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 2/2, 129-175, 2011.
22. Ünal H., Gök A., Gök K., Türkiye'de iş kazalarının sektörler ve meslekler bazında analizi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 97-108, 2008.
23. Bayram M., İskender H., Kökçam A., İmalat firmalarında iş sağlığı ve güvenliği yatırım harcamaları ile kaza oranları ve iş kazası maliyetleri ilişkisi: İşletme bütçesine İSG harcamaları İçin Kaynak Tahsis Edilmesinin Önemi, *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (3), 81-71, 2017.
24. Şenol M., Yılmaz N., A model and application of occupational health and safety risk assessment, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (1) 77-87, 2017.
25. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 692 +A1 Takım tezgahları – Mekanik presler – Güvenlik.
26. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 693 +A2 Takım tezgahları – Hidrolik presler – Güvenlik.
27. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN ISO 12100:2010 Makinalarda güvenlik - Tasarım için genel prensipler - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması.
28. Saaty T.L., The Analytic hierarchy process: planning priority setting, New York: McGraw Hill, 1980.
29. Mustafa Yurdakul, Yusuf Tansel İç, AHP approach in the credit evaluation of the manufacturing firms in Turkey, *International Journal of Production Economics*, 88, 269-289.M, 2004.
30. Dağdeviren M., Akay D., Kurt M., Analytical hierarchy process for job evaluation and application, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 19 (2), 131-138, 2004.
31. Erkorkmaz Ü., Günay O., Örneklemeye yöntemleri ve bir uygulama. *Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11 (1), 36-44, 2002.

