

OTOMOTİV SEKTÖRÜ PROGRASİF KALIP HATTINDA ERGONOMİK ÜRETİM TASARIMI İLE VERİMLİLİĞİN ARTTIRILMASI

Uğuray MERT¹, Derya İDE^{2*}, Tülin GÜNDÜZ³

¹Toksan A.Ş, Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi Erguvan Cad. No:18, Bursa

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-5436-6927>

²Bursa Teknik Üniversitesi, Rektörlük, Ortak Dersler Bölümü, Bursa

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-6004-7201>

³Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-6004-7201>

Anahtar Kelimeler	Öz
KİSR, Ergonomik risk değerlendirme, QEC, BAUA, Verimlilik	<i>Çalışma ortamlarının ergonomik açıdan uygun koşullara sahip olmaması, çalışanların sağlık durumlarını ve iş verimlerini olumsuz etkilemektedir. Çalışma ortamlarının ergonomik ilkelerine göre değerlendirilmesi ve tasarlanması, çalışanın ve üretimin verimliliğini arttırmakla beraber kas iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) nıda önleyecek bir politikadır. Bu çalışmada, otomotiv sektöründe yedek parça imalatı yapan bir firmanın progresif kalıp hattında, operatörün KİSR riskleri Hızlı Maruziyet Değerlendirme (Quick Exposure Check-QEC) ve Federal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin-BAUA) ergonomik analiz yöntemleri ile incelenmiştir. İnceleme sonucunda operatör üzerinde oluşan zorlanmaların azaltılması için iyileştirme önerileri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Hat üzerinde gerçekleştirilen yeni üretim tasarımı ile risk oluşturan iş süreci çalışandan bağımsız hale getirilerek, kalıp hattında bu işin makineye bağımlı olarak yapılması sağlanmıştır. Geliştirilen çalışma ile doğru analiz ve üretim tasarımıyla çalışanların bugün ve gelecekte karşılabilecekleri KİSR risklerinin büyük ölçüde azaltılabileceği görülmektedir. Çalışmada ayrıca, iyileştirme faaliyetlerinin maliyeti ve çalışma ortamında verimin artmasıyla beraberinde getirdikleri kar gösterilmiştir.</i>

INCREASING PRODUCTIVITY WITH ERGONOMIC PRODUCTION DESIGN IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY PROGRESSIVE MOLDING LINE

Keywords	Abstract
MSD, Ergonomic risk assessment, QEC, BAUA, Productivity	<i>The fact that the working environments do not have ergonomically suitable conditions negatively affects the health status and work productivity of the employees. Evaluating and designing work environments according to ergonomic principles is a policy that will prevent musculoskeletal disorders (MSD), as well as increase the efficiency of the employee and production. In this study, the MSD risks of the operator in the progressive molding line of a company that manufactures spare parts in the automotive industry were examined by Quick Exposure Check (QEC) and the Federal Institute of Occupational Health and Safety (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin-BAUA) ergonomic analysis methods. As a result of the examination, in order to reduce the strain on the operator due to the working, improvement suggestions were developed and applied. With the new production design carried out on the line, the work process that poses a risk has been made independent from the employee and this work has been made dependent on the machine in the molding line. With the developed study, it is seen that MSD risks that the employees may encounter today and in the future can be greatly reduced. In the study, it was also shown that the cost of improvement activities and the profit they bring with the increase in productivity in the working environment.</i>

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi

: 17.12.2021

Submission Date

: 17.12.2021

Kabul Tarihi

: 11.05.2022

Accepted Date

: 11.05.2022

*Sorumlu yazar; e-posta: derya.ide@btu.edu.tr

1. Giriş

Endüstriyel işletmelerde insan, makine ve çevre birbirini tamamlayan olgulardır. Bu sistem içerisindeki zincirin tüm parçalarının çalışma ortamında doğru bir şekilde bütünleşmesi gerekir. Ancak böyle bir ortamda, işletmelerin ekonomiklik boyutunu istenilen düzeye çıkarması mümkün olacaktır. Bu boyut üzerine doğrudan veya dolaylı olarak etki eden insan, üretim faktörlerinin en önemli parçasıdır. Bu nedenle, insanın işe, işin insana uyumunu amaçlayan ergonomik, üretim süreçlerinde verimliliğin artırılmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle emek yoğun işletmelerde, ergonomik faktörlerin dikkate alınmaması, çalışan verimliliğini olumsuz etkilemekle birlikte kalıcı mesleki hastalıklara sebep olabilmektedir (Sever ve Deste, 2021). Yeni teknolojiler ile tam otonom çalışma ortamları oluşması arzu edilse de bu süreçlerde insana duyulan ihtiyaç ortadan kalkmamaktadır. Çalışma sürecinde insan vücudu, eğilme, bükülme, uzanma, diz çökme gibi farklı pozisyonlar alır. Operatörün çalışma sürecindeki çalışma duruşu olarak adlandırılan bu hareketleri, çalışanın iş yükünü belirleyen en önemli faktörlerdendir (Andrzej ve Krzysztof, 2016). Çalışma duruşu, gerçekleştirilen göreve ve kullanılan aletlerin tasarımına, iş istasyonunun tasarımına ve operatörün antropometrik özelliklerine göre değişir (Vieira ve Kumar, 2004).

Çalışma ortamlarında ağır yüklerin kaldırılması ve uygun olmayan çalışma duruşları gibi fiziksel etkenlere maruz kalındığında, çalışanlarda işe bağlı olarak kas-iskelet rahatsızlıkları söz konusu olabilir (Sağiroğlu, Coşkun ve Erginel, 2015). Bu da, ilgili fiziksel etkenlerin iş istasyonlarında değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Chiasson, Imbeau, Aubry ve Delisle, 2012). Çalışana uyumlu iş istasyonu tasarımı performansı olumlu yönde değiştirir (Das ve Sengupta, 1996). KİSR çalışanların verimliliğini azaltmakla beraber yaptıkları işin kalitesini düşürür ve üretim maliyetlerini de arttırır (Bulduk, Bulduk ve Süren, 2017). Azalan rahatsızlıklar ile çalışan verimliliği artacaktır (Ariyanto ve diğ., 2021)

Ergonominin temel amacı, maksimum performansa minimum insan gücü maliyetiyle (stres, zorlanma, yorgunluk, kazalar) ulaşmak olduğuna göre, hem işletme açısından hem de çalışan açısından önemli bir konu olan çalışma duruşlarının incelenmesi ve değerlendirilmesi de bu bilim içerisinde önemli bir yer tutmaktadır

(Akay, Dağdeviren ve Kurt, 2003). Yapılacak ergonomik risk analizleri ile çalışanlarda fiziksel zorlamaya neden olan etkenlerin ortadan kaldırılması için özellikle çalışma duruşlarında gerekli düzeltici önlemlerin alınması olası KİSR'nın önlenmesinde hayati öneme sahiptir (Kırcı, 2018). Önleyici modellerin çoğunda, risk değerlendirmesi KİSR riskinin önlenmesinde ilk adımdır. Bu ilk değerlendirme aşaması, basit değerlendirme araçlarını kullanarak risk seviyesini belirler ve önleme yaklaşımını en kritik çalışma duruşlarına yönlendirir (Norval, Zare, Brunet, Coutarel ve Roquelaure, 2020). KİSR'nı ortaya çıkaran etkenlere maruziyeti değerlendirme yöntemleri üç kategoriye ayrılır (Burdorf ve Van der Beek, 1999):

- Çalışan öz bildirimleri (anket, ölçüm skalası)
- Sistematik gözlem (gözlemsel yöntem)
- Doğrudan ölçüm (direkt ölçüm yöntemleri)

Çalışanların en çok zorlandıkları duruşları tespit etmek için, kullanılan yöntem büyük önem taşımaktadır. Risk maruziyetini belirlemek ve nicel değerlendirmeler yapmak için oluşturulan sistemik gözlem teknikleri, kullanım kolaylığı, düşük maliyeti ve esnekliği nedeniyle tercih edilmektedir (Deryaoğlu, Atıcı ve Gündüz, 2019).

Bu çalışmada, analizler gerçek çalışma ortamında uygulanmıştır. İş istasyonundaki operatörler ve gözlemci, çalışmanın yapıldığı firmanın kendi çalışanlarıdır. Bu durum, ergonomik inceleme ve beraberinde yapılacak düzenlemeler ile çalışma koşullarının iyileştirilebileceği fikrinin benimsenmesini sağlamıştır. Yapılan iyileştirmenin ekonomik analizi, ergonomik değerlendirmelerin katkısına göstermiştir. Çalışmada, iş istasyonundaki riskleri değerlendirmek ve çalışan duruşlarının analiz edilmesi için ergonomik risk değerlendirme metodlarından olan QEC ve BAUA yöntemleri uygulanmıştır.

QEC yöntemi, öğrenim basitliği, kullanım kolaylığı, değişiklikleri önceliklendirmesi gibi çeşitli avantajları bünyesinde barındırmaktadır. Yöntem, çalışanın en çok hangi işlerde zorlandığının anlaşılmasına, zorlanmaların temel nedenlerinin tespit edilmesine katkı sunmaktadır (Sever ve Deste, 2021). Bunlara ek olarak yöntemde hem çalışandan hem de gözlemciden girdi alınarak çift taraflı bir değerlendirme yapılmaktadır (Alıcı, Ulusu ve Gündüz, 2017). QEC yönteminde gözlemciler ile birlikte çalışanlarında da çeşitli değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. Bu durum hem çalışanların sürece dahil edilerek

katılımcı yaklaşım sağlanmasına olanak vermekte, hem de, dışarıdan bir gözlemci ile değerlendirerek, görevlerin yansız yorumlanmasına olanak sağlamaktadır (Zengin ve Asal, 2020). Bu yöntem gözlemsel değerlendirme ve öznel raporlamayı birleştiren gelişmiş bir maruziyet değerlendirme yöntemi olduğundan çalışmada kullanılması tercih edilmiştir. QEC yöntemi ile yalnızca üst vücut bölgelerine odaklanılmaktadır. Çalışmada, bir diğer ergonomik değerlendirme aracı olan BAUA yöntemi de uygulanarak araştırmanın daha kapsamlı olması sağlanmıştır. BAUA yöntemi, yapılan görevlerde bilisel kriterlere göre zorlanma sınırı için çok boyutlu bir değerlendirme sağlamaktadır. Bu yöntemin bir diğer avantajı tekrarlama sıklığına, süresine veya kat edilen mesafeye göre zaman ağırlığının belirlenmesidir. Ayrıca, yöntemin, uzun süreli çalışmalar sonunda, elle yapılan taşıma ve yerleştirme işleri veya çeşitli yük kaldırma ve yer değiştirme işlemleri için kullanılması, uygulamanın yapıldığı iş istasyonundaki görev ile uyumludur. Bu durum, yöntemin çalışmada kullanılmasının nedenlerindedir. Literatürde BAUA kullanılarak yapılan az sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir. Araştırmaların %70'i Almanca dilinde yayınlanmaktadır (Ülker, 2020). Yapılan çalışmada BAUA yönteminin kullanılması, bu açıdan önemlidir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ergonomik analizler hakkında yapılan bilimsel yazın taraması, üçüncü bölümde yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde iş istasyonunda gerçekleştirilen ergonomik uygulamalar incelenmiş ve ekonomik analiz yapılmıştır. Beşinci bölümde sonuçların değerlendirilmesi, tartışma ve gelecek çalışma önerileri sunulmuştur.

2. Bilimsel Yazın Taraması

İş istasyonlarında çalışma koşullarının iyileştirilmesi, fiziksel iş yükünü azaltmak için oldukça önemlidir. İstasyonun tasarımı, ürün tasarımı, iş ekipmanlarının tasarımı ergonomik ilkeler doğrultusunda yapılacak iyileştirmelerde kullanılabilir. Çalışma duruşlarının farklı analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi problemlerin tespiti için gerekli bir yaklaşımdır. Bu bölümde, QEC ve BAUA maruziyet değerlendirmeleri ile ilgili yapılan çalışmalara yönelik literatürden örnekler verilmiştir.

Gürsoy Özcan (2021) BAUA ve hızlı tüm vücut

değerlendirmesi (Rapid Entire Body Assessment-REBA) yöntemleri ile otomotiv kaynak hattında ergonomik analizler gerçekleştirmiştir. Her iki yönteminde tüm vücut değerlendirmeleri için kullanılabilir olduğu ancak bu iki yöntem arasındaki en belirgin farkın zaman ağırlığının değerlendirilmesi ile oluştuğu belirtilmiştir. Özcan (2021) maske üretim fabrikasında çalışan işçilerin ergonomik olarak bozuk duruş pozisyonlarını incelemiştir. Çalışmada, ergonomik risk yöntemlerinden REBA ve BAUA metotları ile duruş bozukluklarına sebep olan etmenler belirlenmiştir. Özcan ve Özay (2021) bir gıda firmasında temizlik çalışanlarının duruş pozisyonlarını BAUA yöntemi ile analiz etmiştir. Manuel el işleri, kaldırma-tutma-taşıma işleri ve itme-çekme işleri olarak ayrı ayrı değerlendirmeler gerçekleştirmiş olup en yüksek risk seviyelerinin elle yapılan işlerde olduğu görülmüştür. Berber (2020) gıda sektöründe yapılan işleri detaylı olarak incelemek için REBA, BAUA, NIOSH ve SNOOK analizlerini uygulamıştır. Ülker (2020) mobilya imalatındaki çalışanların parça taşımaları esnasında çalışma pozisyonlarını BAUA yöntemi ile analiz ederek, risk skorlarını sırasıyla 3-3-2 elde etmiş ve yapılan ergonomik iyileştirmeler sonucunda iş istasyonlarındaki risk seviyelerinin 1-1-1 seviyelerine indiğini ortaya koymuştur. Mevcut durumda kolçakların ana iskelete birleştirilmesi ve koltuğa ayak montajının yapılmasına dair BAUA puanı 30 iken önerilen durumla birlikte bu puanın 6'ya düştüğü gözlemlenmiştir. Kahya ve Çiçek (2019) seramik fabrikasında fırın yükleme, boşaltma ve basınçlı döküm olmak üzere 3 bölümde yapılan taşıma işlerini REBA ve BAUA risk analizi metotlarını kullanarak incelemiştir. Bu çalışma sonucunda risk skorunun 41'den 13'e düştüğü ve risk seviyesinin kabul edilebilir düzeye geldiği gösterilmiştir. Acar, Şahin, Kahya ve Sarıçiçek (2019) soba montaj hattındaki 3 iş istasyonunda REBA ve BAUA yöntemleri ile ergonomik risk değerlendirmeleri yapmıştır. Yapılan iyileştirme çalışmaları ile risk yüzdeleri %70, %51 ve %43 olarak elde edilmiştir. Çalışanlara daha sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için önerilerin maddi boyutunun yerine getirilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Sevimli ve diğ. (2018) bir çeltik fabrikasında üretim hatlarından biri olan pirinç paketleme bölümünde, çalışanları ergonomik açıdan REBA ve BAUA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Mevcut durumda çalışanların ergonomik olmayan koşullarda yük kaldırma ve taşıma yaptığı görülmüş hem işyeri düzenlemesi hem de çalışma şekillerine ufak

müdahaleler ile çalışanların ergonomik koşullarda işlerine devam etmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu çalışma işyerinde elle yapılan kaldırma ve taşıma işlerinin birtakım yardımcı düzenekler ile yapılmasının da mümkün olduğunu da göstermiştir. Böylece çalışmada oluşan risk seviyesinin daha da azaltılması söz konusu olabilecektir. Yetim ve Gündüz (2016) kötü duruşların çok olduğu gözlemlenen taşıma kaplarının elle yerleştirmesi işinde, çalışanların duruşlarının incelenmesi için gözleme dayalı teknikler olan REBA ve BAUA analiz metodlarından yararlanmışlardır. Güç ve vücut kullanımının çok olduğu işlerde BAUA yönteminin kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Sever ve Deste (2021) cıvata üretimi yapan bir fabrikada, çalışanların kas iskelet sistemlerinde zorlanmaya neden olabilecek süreçler için REBA ve Hızlı Üst Vücut Değerlendirme (Rapid Upper Limb Assessment- RULA) yöntemlerini öncelikli olarak uygulamış olup bu yöntemlerin hareketlerin tekrar sayısını dikkate almamasından dolayı ek olarak QEC yöntemiyle de analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, risk seviyesi çok yüksek veya yüksek çıkan görevler için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Ispăsoiu ve diğ. (2021) otomobil endüstrisinde, metal bileşenler üreten bir firmada, konveyör bandı ve taşıma arabası arasında elle taşıma işi gerçekleştiren çalışanlarda QEC metodu uygulamışlardır. Sonuçlar, yapılan görevde vücudun boyun, el/bilek ve sırt bölgelerinin çok fazla etkilendiğini göstermiştir. Zorlutuna (2021) inşaat sektöründe ergonomik riskleri değerlendirmiştir. Çalışmada REBA, RULA ve QEC metodları uygulanmıştır. Değerlendirmeler sonucunda, risk taşıyan çalışma duruşlarını en aza indirebilmek için iyileştirmeler önerilmiştir. Zengin ve Asal (2020) REBA, Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi (Ovako Working Posture Analyzing System-OWAS) ve QEC yöntemleri ile bina yapımı görevlerinde çalışan duruşlarını değerlendirmişlerdir. Bina inşaatında çalışan işçilerin KİSR' nın bu 3 yöntem arasından QEC yöntemi ile analiz edilmesinin daha sağlıklı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Rahmani, Shahnavaizi, Fazli ve Ghasemi (2020) çimento fabrikasındaki çalışanların kas ve iskelet sistemi rahatsızlık düzeylerini belirlemek için QEC yöntemini kullanarak çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, KİSR' nı tespit etmede QEC yönteminin iyi bir belirleyici olduğunu ifade etmişlerdir. Mahboobi, Taghipour ve Ali Azadeh (2020) otomobil parçaları üreticisi

bir firmada QEC ve REBA yöntemlerini, işçilerdeki KİSR' nı değerlendirmek için uygulamışlardır. Ibrahim, Rahman, Ismail ve Abdullah (2020) yüksek katlı bir bina şantiyesinde, kule vinç operatörlerinin KİSR' nı QEC ile değerlendirmişlerdir. Sırt ve boyun bölgelerinde yüksek maruziyet seviyelerinin olduğu görülmüştür. Rabbani ve Ahmed (2020) inşaat sektöründe gerçekleştirilen farklı görevlerde, ergonomik riskleri analiz etmek için REBA, RULA ve QEC metodlarını kullanmışlardır. Çalışmada uygulanan 3 yöntem karşılaştırıldığında QEC yönteminin çok daha kolay ve pratik olduğu bildirilmiştir. İnalçık (2019) beş eksenli CNC makinesi kullanan operatörlerin ergonomik analizi için QEC yöntemini uygulamıştır. Araştırma sonuçları, operatörlerin çoğunun sırt, omuz/kol ve boyun bölgelerinde çok yüksek maruziyet puanları aldığını ve teknolojik olarak gelişmiş makinelerin ergonomik risk seviyelerini önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Kahya ve Söylemez (2019) çalışmalarında, bir jant fabrikasındaki 4 tezgahta REBA ve QEC analizi uygulamıştır. Yıkama, kıvrma, torna ve presleme işlemleri için sırası ile %85,22, %65,34, %68,18 ve %77,27 risk oranları elde edilmiştir. Yıkama ve presleme işlemlerinde ergonomik iyileştirme önerileri sonucunda QEC değerleri %57,95, %69,31 düzeylerine indirilmiştir. Deryaoğlu, Atıcı ve Gündüz (2019) et işleme tesisinde, karkas et ürün kabul sürecinde Hollanda Kas İskelet Sistemi Anketi (DMQ-TR-k) ile çalışanların iş hakkındaki görüşlerini alıp, OWAS, QEC ve ManTRA yöntemlerini kullanarak ergonomik risk değerlendirme gerçekleştirilmiş ve tespit edilen ergonomik risklere ilişkin çözüm önerileri geliştirilmiştir. Yüce (2019) otomotiv sektörü için işe uygun kullanılan her alete yönelik bilgilendirme yapılması ve yüksek riskli işlerde iyileştirme çalışmaları ile ilgili risk faktörünün düşürülmesini önermiştir. Çalışmada değerlendirilen 12 iş bölümünün en yüksek risk skorlu görevinde tavsiye ve öneriler sonucunda puanların 76,5' dan 37,5'a düştüğü gözlemlenmiştir. Ayub ve Shah (2018) moda tasarım endüstrisinde ergonomik risklere olası bir çözüm önermek amacıyla yaptıkları çalışmada, RULA ve QEC yöntemlerini uygulamışlardır. KİSR' nın şiddetinin özellikle üst vücut bölgelerinde (boyun, omuz, üst sırt, dirsek, alt sırt, el ve kalça / uyluk) yüksek olduğunu göstermişlerdir. Rahman, Jaffar, Hassan, Ngali ve Pauline (2017) çalışmalarında otel endüstrisinde, oda görevlilerinde, ergonomik risk faktörlerine maruz kalma seviyesini incelemişlerdir. İşyeri

Ergonomik Risk Değerlendirmesi (Workplace Ergonomic Risk Assessment-WERA) ve QEC metotları uygulanmıştır. Bel ağrısı ve el ağrısının yaygın bir problem olduğu görülmüştür. Sukadarin ve diğ. (2013) palmye yağı üretimi gerçekleştiren bir işletmede yerden kamyona yükleme yapan çalışanlar üzerindeki ergonomik riskleri QEC yöntemi ile incelemiştir. Çalışanların sırt ve omuz/kol maruziyet risk düzeylerinin yüksek ve bilek/el için orta derecede olduğunu saptamışlardır. Kamyondan kamyona yüklemede ise sırt ve bilek/el maruziyet düzeylerinin yüksek, omuz/kol için orta derece risk olduğu görülmüştür. Tüm bölümlerde sırt ve el/bilek bölgelerinde yüksek risk skorları elde edilmiştir. Chiasson ve diğ. (2012) farklı sektörlerdeki 567 görevi içeren 244 iş istasyonunda QEC, Hand Activity Level (HAL), Job Strain Index (JSI), OCRA, EN 1005-3 standardı, RULA, REBA, Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) tarafından geliştirilen ergonomik iş yeri analizi metotlarını kullanarak değerlendirmelerde bulunmuştur. QEC metodu uygulama sonuçlarının, diğer metotlardan elde edilen uygulama sonuçlarına göre daha belirgin olmadığı görülmüştür. Erdinç ve Vayvay (2006) tekstil üretimindeki makineli dikim sürecinde QEC yöntemi ile analiz gerçekleştirmiştir. Yapılan ergonomik iyileştirmeler sonrası, sırt, omuz/kol, el bileği/el ve boyun bölgelerine ait risk puanları anlamlı düzeyde azalmıştır. Risk düzeyi; Omuz/kol için "Yüksek"ten "Orta"ya, boyun için "Çok Yüksek"ten "Yüksek" düzeyine düşürülmüştür.

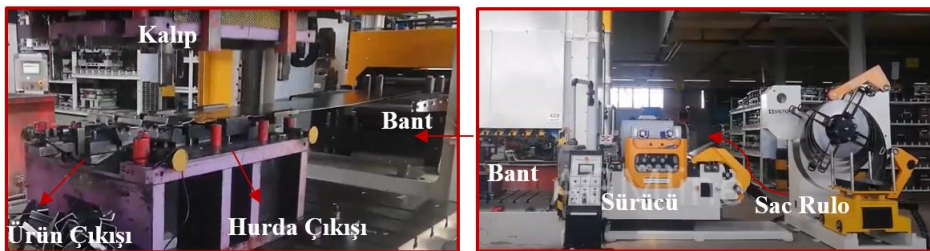
Yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere, QEC ve BAUA yöntemleri, tek başına veya sıklıkla REBA

yöntemi ile birlikte uygulanmıştır. Yapılan iyileştirmelerde ekonomik boyutun ele alınmadığı çalışmalar vardır. Bu çalışmada ise, QEC ve BAUA yöntemleri bir arada kullanılarak analiz ve iyileştirme çalışması yapılmış olup, iki yöntemin sonuçları kıyaslanmıştır. Böylece, QEC ve BAUA karşılaştırma sonuçları ve yapılan ekonomik analiz literatüre katkı sağlayacaktır. Otomotiv sektöründeki çalışmalar genellikle montaj veya kaynak hatlarında yürütülmüştür. Bu çalışma ise otomotiv sektöründe progresif kalıp hattı üzerinde uygulanmıştır.

3. Yöntem

Çalışma, otomotiv sektöründe, orijinal yedek parça üretimi yapan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Firma yüksek teknoloji ile şasi, gövde parçaları, mekanizma ve sistem parçaları üretmekte ve çalışanların KİSR riskleri konusunda farklı projeler gerçekleştirerek üretim sahasını ergonomik çalışma ortamı haline getirmeyi hedeflemektedir.

Uygulamanın yapıldığı iş istasyonu, Prograsif 600T üretim hattıdır. Bu istasyonda, H tipi, sürücülü, 600 tonluk eksantrik pres makinesi kullanılarak metal sac şeritlerin şekillendirme aşamaları gerçekleştirilmektedir (Şekil 1). Bu kalıp makinelerinin avantajı, birkaç işlemin aynı kalıpta ve belirli bir adım sayısı boyunca gerçekleştirilebilmesi nedeniyle rulo halindeki metal sac şeridi, kopmadan adım adım kalıp altında şekillendirebilmesidir (Prograsif Kalıp Şekillendirme, 2015).

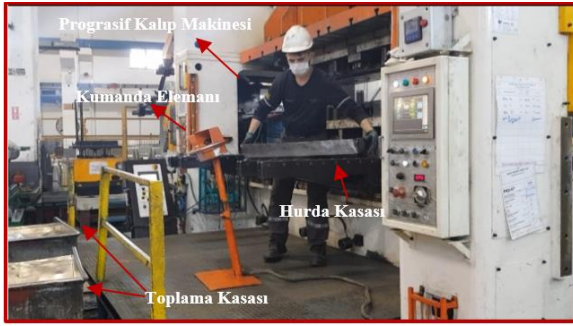


Şekil 1. Örnek İş İstasyonu (Prograsif Kalıp Üretim Hattı,2019)

İncelenen iş istasyonunda sac şeridi, sürücünden makineye gelmektedir. Makinede kalıp basma işlemi gerçekleştirildikten sonra parça, sacın çevresinden ayrılmaktadır. İşlem sonucunda ürün

ve hurda ortaya çıkmaktadır. Çıkan hurdalar, makinede bulunan hurda kasasında birikmektedir. Operatör, makinenin kumanda elemanlarını kullanarak sac levhadan kesme işlemini

başlatmaktadır. Çıkan hurda parçalar ise, alt tablada bulunan bir hurda kasasına makine tarafından bırakılmaktadır. Bu kasa, hurda ile dolduğunda operatör makinenin işlemini durdurmak sureti ile kumanda elemanından makinenin kasa bölgesine gitmektedir. Dolu hurda kasasını iki eli ile kavrayıp, istasyonun hemen arkasında bulunan toplama kasasına doğru yürümektedir. Eğilerek, işlem esnasında çıkan atıl parçaları hurda kasasından toplama kasasına boşaltmaktadır. Daha sonra, boş hurda kasasını makine içerisindeki alana yerleştirip kumanda elemanına geri dönerek makineyi yeniden basım için çalıştırmaktadır (Şekil 2). Taşınan dolu hurda kasalarının ağırlığı 6 ile 10 kg arasındadır. Bu taşıma işlemi, her hurda kasası dolduğunda tekrar etmektedir.



Şekil 2. Prograsif Kalıp İş İstasyonu

İş istasyonunda yapılan çalışmanın işlem adımlarına bakıldığında, enerjiye dayanan salt kas işinin yoğunlukta olduğu, bunun yanı sıra hurda kasasının doluluğunun sürekli izlenmesi, bu bilginin operatör tarafından işlenmesi ve gerektiği durumda, (kasa dolduğunda) kumanda elemanından makinenin durdurularak reaksiyon gösterilmesine bağlı olarakta reaktif bir mental iş yükünün oluşması söz konusudur. Gün içerisinde tekrarlı olarak yapılan bu taşıma ve boşaltma işlemi, çalışan üzerinde yorulma ve zorlanmaya sebep olmaktadır. Çalışanın iş istasyonunda gerçekleştirdiği bu görev, uygun olmayan çalışma duruşları içermekte ve KİSR açısından risk teşkil etmektedir.

Araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmanın, "Fen, Mühendislik ve Sosyal Bilimleri Araştırmaları Etik Kurulu"nun 8 Aralık 2021 tarih ve 1 nolu kararı ile etik ve bilimsel açıdan uygunluğu onaylanmıştır.

3.1 QEC Yöntemi

QEC işe bağlı KİSR'nın oluşumunda en fazla risk altında bulunan vücut bölümlerinden boyun, omuz/kol, bilek/el ve bel bölgelerindeki riskleri değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Yöntem, Li ve Buckle (1999) tarafından İngiltere'de Robens Sağlık Ergonomisi Merkezinde geliştirilmiştir. David ve diğ. (2008) tarafından yeniden gözden geçirilerek iyileştirilmiştir. Orijinal çalışma Özcan, Sakar, Alptekin ve Özcan (2007) tarafından Türkçe'ye uyarlanmış, geçerlilik ve güvenilirliği test edilmiştir. QEC ölçeği 2 ana bölümden oluşmaktadır: Gözlemci değerlendirmesi, çalışan değerlendirmesi. Yöntemin önemli özelliklerinden birini değerlendirme sürecine çalışanın da katılması oluşturmaktadır. Ayrıca, öğrenim kolaylığı, öncesinde yoğun eğitim gerektirmemesi ve uygulama süresinin kısa olması sebebi ile iş istasyonlarında, çalışanların KİSR'na yönelik analizler gerçekleştirmek için bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır. Gözlemciye ait bölüm içerisinde çalışanın sırt, omuz/kol, el bileği/el ve boyun duruşlarını değerlendiren 18 madde yer almaktadır. Çalışanın dolduracağı bölümde ise, bir elle kaldırılan maksimum ağırlık miktarı, görevi gerçekleştirirken harcanan ortalama zaman, bir elle en fazla uygulanan kuvvet, görevin gerektirdiği görsel dikkat düzeyi, taşıt kullanım durumu, titreşimli alet kullanma durumu ile göreve ilişkin hız ve stres faktörlerini değerlendiren 25 madde bulunmaktadır. Bunların birbiri ile etkileşimi sonucu bir puanlama tablosu elde edilir ve son olarak toplam QEC puanına ulaşılmaktadır. Puanlara göre maruziyet düzeyi düşük, orta ve yüksek olarak değerlendirilmektedir (Özcan, 2011). Bu yöntemin uygulanması, QEC konusunda yeterlilik kazanabilmesi için uygulayıcılara bilgilendirme amaçlı yapılan eğitim, gözlemci tarafından kontrol listesinin doldurulması (Tablo 1), çalışan tarafından kontrol listesinin doldurulması (Tablo 1), gözlemci ve çalışan kontrol listesi kesişim puanları (Tablo 2) ile toplam maruziyet puanının (Tablo 3) hesaplanması ve QEC skorlarına göre eylem seviyelerinin değerlendirilmesi (Tablo 4) aşamalarından oluşmaktadır.

Son adımda verilen QEC eylem seviyelerinin tespiti için gerçek toplam maruziyet puanı (x) muhtemel en büyük toplam puana (x_{max}) oranlanır ve böylece, Tablo 4' te verilen yüzdeler bulunur. x_{max} ölçekten alınabilecek mümkün olan en yüksek puanı ifade etmektedir. Bu

değer, elle taşıma işleri için (Manual Handling-MH) 176, diğer iş türleri için 162 puandır.

Denklem (1)'de verilen formüle göre, QEC maruziyet seviyesi (Exposure level-E) hesaplanmaktadır.

$$E = \frac{x}{x_{max}} \times 100 \quad (1)$$

Tablo 1
Kontrol Listesi (Li ve Buckle,1999)

Çalışma Adı		Tarih	
Güzelcinin Değerlendirmesi		Çalışanın Değerlendirmesi	
Sırt	Calsanlar	Calsanlar	
A	Görev yaparken bel: (en kötü durumu seçiniz)	H	Görev yaparken elle kaldırdığımız en fazla ağırlık?
A1	Hemen hemen değil mi?	H1	Hafif (5 kg veya daha az)
A2	Orta derecede öne ya da yana eğilmiş veya dönmüş mü?	H2	Orta (6-10 kg)
A3	Aşırı derecede öne ya da yana eğilmiş veya dönmüş mü?	H3	Ağır (11-20 kg)
		H4	Çok ağır (20 kg'dan fazla)
B Aşağıdaki iki görev seçeneğinden YALNIZCA BİRİNİ seçiniz			
YA	Sabit oturarak ya da ayakta yapılan görevler	J	Görevi yaparken günde ortalama ne kadar zaman harcayorsunuz?
B1	Sırt çoğunlukla sabit pozisyonda mı kalıyor?	J1	2 saatten daha az
B2	Evet	J2	2-4 saat
		J3	4 saatten daha fazla
YA DA			
B3	Kaldırma, itme/çekme ve taşıma görevleri (Bir yükten hareket ettirilmesi vb.) Sırtın hareketi:	K	Görev yaparken bir elle uygulanan en fazla güç?
B4	Nadiren (dakikada yaklaşık 3 kez veya daha az) mı?	K1	Düşük (örn. 1 kg'dan daha az)
B5	Sık (dakikada yaklaşık 8 kez) mi?	K2	Orta (örn. 1-4 kg)
		K3	Yüksek (örn. 4 kg'dan daha fazla)
		L	Görevin gerektirdiği görsel dikkat:
Omuz/Kol			
C	Görev yaparken eller: (en kötü durumu seçiniz)	L1	Düşük (ince ayrıntıları görmeye gerek yoktur)
C1	Bel seviyesinde ya da daha aşağıda mı?	*L2	Yüksek (bazı ince ayrıntıları görmek gerekli)
C2	Yaklaşık göğüs seviyesinde mi?	*	
C3	Omuz seviyesinde ya da daha yukarıda mı?	*Eğer yüksekse aşağıda detayları belirtiniz	
D			
D1	Omuz/kol hareketi:	M	Görevdeyken günlük taşıt kullanma sıklığı:
D2	Nadiren (aralıklı) mı?	M1	Bir saatten az ya da hiç mi?
D3	Sık (bazı duraklamalarla düzenli hareket) mi?	M2	Günde 1-4 saat mi?
		M3	Günde 4 saatten fazla mı?
Bilek/El			
E	Görev yaparken: (en kötü durumu seçiniz)	N	Görevinizde titreşimli alet kullanma sıklığı:
E1	Yaklaşık düzgen bilek pozisyonu mu?	N1	Bir saatten az ya da hiç mi?
E2	Eğilmiş ya da dönmüş bilek pozisyonu mu?	N2	Günde 1-4 saat mi?
		N3	Günde 4 saatten fazla mı?
F			
F1	Benzer tekrarlı hareketler:	P	Bu görevi yaparken zorluk çekiyor musunuz?
F2	Dakikada 10 kez ya da daha az mı?	P1	Hiçbir zaman
		P2	Bazen
F3	Dakikada 20 kezden fazla mı?	* P3	Sık sık
		*Eğer yüksekse aşağıda detayları belirtiniz	
Boyun			
G	Görev yaparken baş/boyun eğilmiş ya da dönmüş mü?	Q	Genel olarak bu işi nasıl buluyorsunuz?
G1	Evet, bazen	Q1	Hiç stresli değil mi?
G2	Evet, sürekli	Q2	Biraz stresli mi?
		*Q3	Orta stresli mi?
		*Q4	Çok stresli mi?
* Gerektiğinde L, P, Q için detaylı bilgiler			
*Eğer yüksekse aşağıda detayları belirtiniz			

Tablo 2
Maruziyet Puanları (Li ve Buckle,1999)

Maruziyet Puanları		Çalışma Adı		Tarih	
Sırt	Sırt Duruşu (A) & Ağırlık (H)	Omuz/Kol	Yükseklik (C) & Ağırlık (H)	Bilek/El	Tekrarlı Hareket (F) & Kuvvet (K)
	A1 A2 A3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12		C1 C2 C3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12		F1 F2 F3 K1 2 4 6 K2 4 6 8 K3 6 8 10
	<input type="checkbox"/> Puan1		<input type="checkbox"/> Puan1		<input type="checkbox"/> Puan1
Sırt	Sırt Duruşu (A) & Süre (J)	Omuz/Kol	Yükseklik (C) & Süre (J)	Bilek/El	Tekrarlı Hareket (F) & Süre (J)
	A1 A2 A3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10		C1 C2 C3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10		F1 F2 F3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10
	<input type="checkbox"/> Puan2		<input type="checkbox"/> Puan2		<input type="checkbox"/> Puan2
Süre (J) & Ağırlık (H)	J1 J2 J3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12	Süre (J) & Ağırlık (H)	J1 J2 J3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12	Süre (J) & Kuvvet (K)	J1 J2 J3 K1 2 4 6 K2 4 6 8 K3 6 8 10
	<input type="checkbox"/> Puan3		<input type="checkbox"/> Puan3		<input type="checkbox"/> Puan3
Statik sadece 4% elle taşıma varsa 5 ve 6'ya şaşılmaz					
Sırt Duruşu (B) & Süre (J)	B1 B2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8	Sıklık (D) & Ağırlık (H)	D1 D2 D3 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12	Bilek Duruşu (E) & Kuvvet (K)	E1 E2 K1 2 4 K2 4 6 K3 6 8
	<input type="checkbox"/> Puan4		<input type="checkbox"/> Puan4		<input type="checkbox"/> Puan4
Sıklık (B) & Ağırlık (H)	B3 B4 B5 H1 2 4 6 H2 4 6 8 H3 6 8 10 H4 8 10 12	Sıklık (D) & Süre (J)	D1 D2 D3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10	Bilek Duruşu (E) & Süre (J)	D1 D2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8
	<input type="checkbox"/> Puan5		<input type="checkbox"/> Puan5		<input type="checkbox"/> Puan5
Sıklık (B) & Süre (J)	B3 B4 B5 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10	Sırt için 1-4 arası puanların toplamı ya da 1-3 arası arı 5 ve 6 puanların toplamı			
	<input type="checkbox"/> Puan6	Omuz/Kol için 1-5 arası puanların toplamı			
Bilek/El için toplam puan 1-5 arası puanların toplamı					
Boyun					
Boyun Duruşu (G) & Süre (J)					
G1 G2 G3 J1 2 4 6 J2 4 6 8 J3 6 8 10					
<input type="checkbox"/> Puan2					
Genel Dikkat (L) & Süre (J)					
L1 L2 J1 2 4 J2 4 6 J3 6 8					
<input type="checkbox"/> Puan2					
Boyun için 1-2 arası puanların toplamı					
Taşıt Kullanma					
M1 M2 M3 1 4 9					
Taşıt kullanımı için toplam puan					
Titreşim					
N1 N2 N3 1 4 9					
Titreşim için toplam puan					
İş Temposu					
P1 P2 P3 1 4 9					
İş temposu için toplam puan					
Stres					
Q1 Q2 Q3 Q4 1 4 9 16					
Stres için toplam puan					

Tablo 3
Maruziyet Skorları (Özcan ve diğ., 2007)

Risk Faktörü	MARUZİYET SEVİYESİ			
	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Bel (statik)	8-15	16-22	23-29	29-40
Bel (hareketli)	10-20	21-30	31-40	41-56
Omuz/kol	10-20	21-30	31-40	41-56
Bilek/el	10-20	21-30	31-40	41-46
Boyun	4-6	8-10	12-14	16-18
Araba Kullanma	1	4	9	-
Titreşim	1	4	9	-
İş temposu	1	4	9	-
Stres	1	4	9	16

Tablo 4
Başlangıç Eylem Seviyeleri (Li ve Buckle, 1999)

QEC Puanı (E) (Toplam Yüzde)	Eylem
≤40%	Kabul edilebilir
41-50%	Daha fazla incelenmeli
51-70%	Daha fazla incelenmeli ve kısa zamanda değişiklik yapılmalı
>70%	İncelenmeli ve derhal değişiklik yapılmalı

3.2 BAUA Yöntemi

BAUA Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumu tarafından, 1999 yılında geliştirilmiş bir ergonomik risk değerlendirme yöntemidir (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2021). İş istasyonlarında kaldırma, yer değiştirme taşıma ve tutma gibi işler gerçekleştiren operatörlerin maruziyet düzeylerini belirlemede kullanılabilir. Yöntem bu tür işlerdeki zorlanma sınırının saptanmasında pratikçe

yönelik, basit yasal, zorunlulukları yerine getiren ve çok boyutlu bir değerlendirmeye imkân sağlamaktadır (Babalık, 2005).

Bu yöntemin uygulanması, günlük çalışma süresinde tekrarlanma sıklığına göre zaman aralıklarının belirlenmesi (Tablo 5), kaldırılan yük, vücudun duruş şekli ve çalışma koşullarına göre zorlanma ağırlıklarının belirlenmesi (Tablo 6), değerlendirme yapılması (Tablo 7) aşamalarından oluşmaktadır.

Tablo 5
Zaman Ağırlığı Belirleme

Kaldırma ve Yer Değiştirme (<5s)		Tutma (>5 s)		Taşıma (>5 s)	
Bir günde yapılan iş sayısı	Zaman ağırlığı	Bir günde toplam süre	Zaman ağırlığı	Bir günde toplam mesafe	Zaman ağırlığı
< 10	1	>5 dak	1	< 300 m	1
10<...<40	2	5<...<15 dak	2	300m<...<1 km	2
40<...<200	4	15 dak<...<1 saat	4	1<...<4 km	4
20<...<500	6	1<...<2 saat	6	4<...<8 km	6
500<...<1000	8	2<...<4 saat	8	8<...<16 km	8
≥1000	10	≥4 sa	10	≥16 km	10
Örnekler; Duvara tuğla dizme, makinarya iş parçası yükleme, konteynerden kutuları alma bir bant üzerine koyma		Örnekler; Bir taşıma sehpasında işlemek üzere döküm boruların tutulması ve sürülmesi, bir elde taşıma makinasının tutulması, motorlu tırpanın çalıştırılması		Örnekler; Mobilya nakliyesi, bir kamyondan iskele parçasının yerlerine taşınması	

Tablo 6
a) Yükün Önem Düzeyi B) Konum Ağırlığı
C) Uygulama Koşulu

Erkekler için etkili yük	Yük ağırlığı (katsayısı)
<10kg	1
10kg'den 20kg'ye kadar	2
20kg'den 30kg'ye kadar	4
30kg'den 40kg'ye kadar	7
≥40kg	25
Kadınlar için etkili yük	Yük ağırlığı (katsayısı)
<5kg	1
5kg'den 10kg'ye kadar	2
10kg'den 15kg'ye kadar	4
15kg'den 25kg'ye kadar	7
≥25kg	25





Tablo 7
Risk Derecelendirme Tablosu

Risk Grubu	Risk faktörü değeri	Risk Durmu	Açıklama
1	<10	Düşük	Düşük yük
2	10<...<25	Biraz fazla	Biraz fazla yük
3	25<...<50	Epey fazla	Epey fazla yük
4	>50	Çok fazla	Çok fazla yük

(a)

(b)

(c)

Belirgin vücut duruşları ve yük konumları	Bedensel duruş, yükün konumu	Vücut duruşunun ağırlığı
	*Üst gövde dik ve dönmemiş şekilde *Yük vücutta	1
	*Üst gövde hafif öne veya yanlara eğik *Yük vücutta veya vücutta yakın	2
	*Üst gövdenin aşağıya veya öne eğilmesi fazla *Vücut hafif öne eğik ve dönük konumda *Yük vücuttan uzakta veya omuz yüksekliğinde	4
	*Vücut öne eğilmesi fazla ve gövde dönük konumda *Yük vücuttan uzakta *Ayakta ve tutma stabilitesi zor *Çömelerek veya dizüstü durma	8

Uygulama Koşulları	Uygulama Ağırlığı
İyi ergonomik koşullar, örneğin yeterli alan, engelsiz çalışma alanı, düz-kaymayan zemin, yeterli aydınlatma, tutulabilen iyi ve kolay	0
Hareket etme olanağı sınırlı, ergonomik koşullar kötü. Örnek: 1. Alçak tavan ve 1,5 m' den daha az çalışma alanı 2. Düz olmayan veya yumuşak zemin nedeniyle ayakta dururken sendeleme, düşme olasılığı	1
Hareket etme serbestliği çok sınırlanmış ve/veya yükün ağırlık merkezinin değişken olması (örneğin hasta taşıma)	2

Zaman ağırlığı belirlenirken, tutma işlerinde bir günde yapılan iş sayısı Denklem (2)'de verilen formüle göre hesaplanmaktadır. Taşıma işlerinde ise süre kavramı yerine, yol alınan mesafe dikkate alınmaktadır.

$$\text{Toplam Tutma Süresi} = \text{Tutma işlemi sayısı} \times \text{Bir tutuş için geçen süre} \quad (2)$$

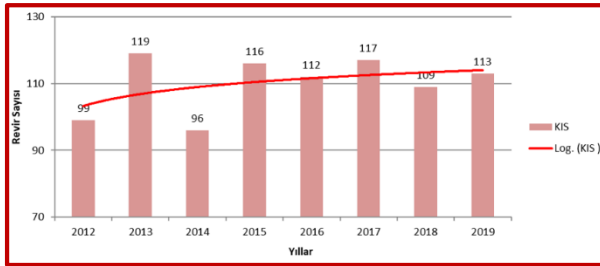
Değerlendirilenlerden biri de yükün önem düzeyi kavramıdır. Burada, işi yapan operatörün cinsiyeti belirleyicidir. İş yapılırken yükler arasında ağırlık farklılıkları söz konusu ise, kaldırılan yüklerin ortalaması alınarak yükün önem düzeyinde değerlendirme için kullanılmaktadır. Bir diğer kavram konum ağırlığıdır. Yapılan işte yükün bedene göre konumu, gövdeye yakınlık-uzaklığı, eğilme, dönme veya uzanma hareketlerinin yapılmasına göre, vücudun içerisinde bulunduğu yapı, konum olarak değerlendirilmektedir. Çalışma (uygulama) koşulları ise, operatörün işi sürdürürken içinde bulunduğu ortam için çevresel koşulların da dikkate alınmasını sağlamaktadır.

Toplam BAUA risk puanı Denklem (3)'e göre hesaplanmaktadır.

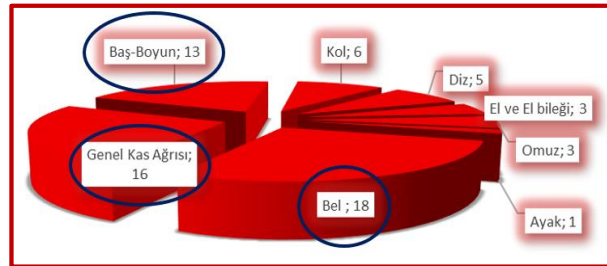
$$\text{Risk Puanı} = (\text{Yükün Önem Düzeyi} + \text{Konum ağırlığı} + \text{Uygulama şartları}) \times \text{Zaman ağırlığı} \quad (3)$$

4. Uygulama

Otomotiv yedek parça üretimi yapılan firmanın, 2012- 2019 yılları arasında çalışanlarının sağlık kuruluşlarına başvurma sebepleri incelendiğinde, KİSR'nın 99 ile 113 vaka arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 3). Klinik bulgulara istinaden yapılan detaylı incelemede ise bel, genel kas ağrısı, baş ve boyun bölgelerinde rahatsızlıklar ön plana çıkmaktadır (Şekil 4). Bu rakamlar işletme içerisinde ergonomik sorunlardan kaynaklı, çalışanların sağlıklarını etkileyen durumlar üzerine analiz yapılması gerekliliğini ortaya koyan bir bilgidir.



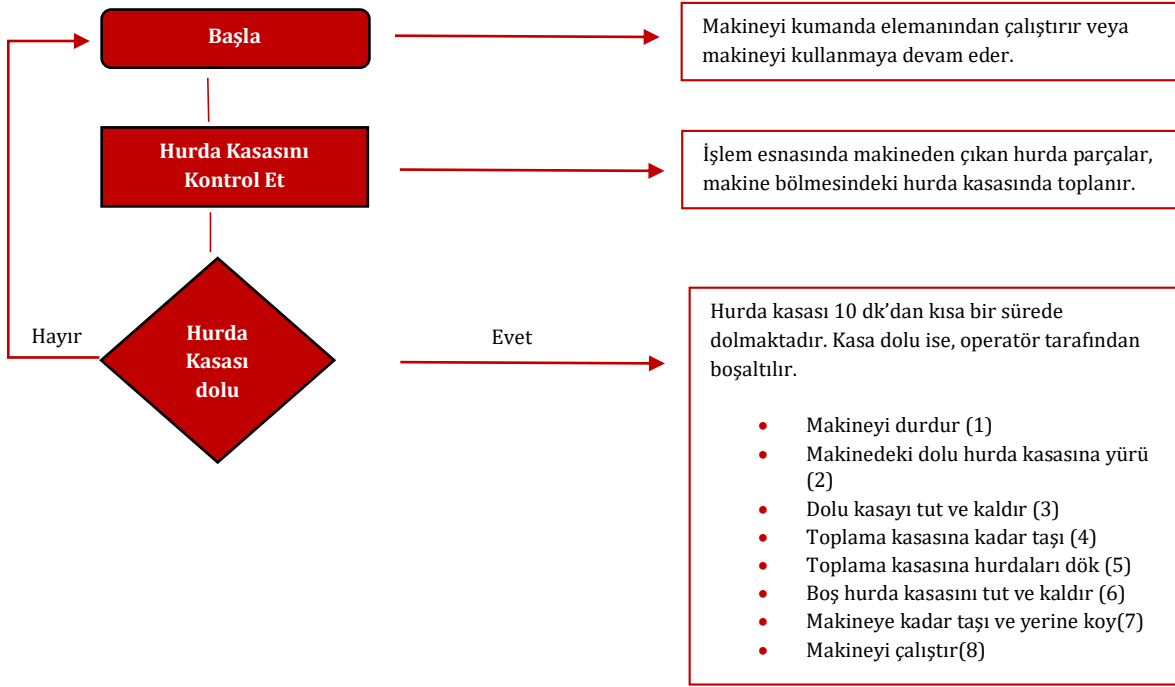
Şekil 3. KİSR Yıllara Göre Değişim Trendi



Şekil 4. İskelet Yapısına Göre Klinik Sayıları-2020

Operatörlerden alınan geri bildirimlerle birlikte gözlemler ve video çekimleri yapılmış olup progresif kalıp makinesinin bulunduğu iş istasyonuna yoğunlaşmıştır. Bu bölümde çalışan operatörün süreci gerçekleştirme şekli gözlenmiştir.

ve kayıt altına alınmıştır. Çalışanın makine kullanımı esnasında gerçekleştirdiği hurda taşıma faaliyeti döngüsü Şekil 5'te verilmiştir. Taşımaların ve zorlanmaların yoğun olduğu bu görev için QEC ve BAUA yöntemleri ile risk değerlendirmesi yapılması uygun görülmüştür.

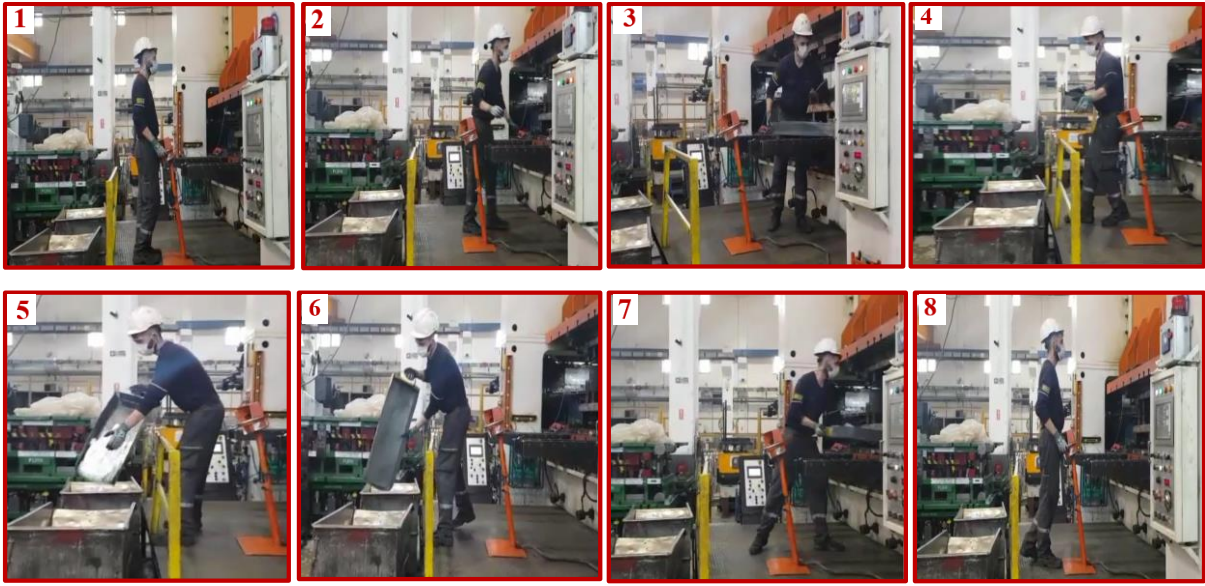


Şekil 5. H Tipi Sürüclü 600 Tonluk Eksantrik Pres Süreç Akışı

4.1 Mevcut Durum

İş istasyonunda, farklı vardiyalarda 2 mavi yaka personel operatör olarak çalışmaktadır. Analizlerde bu personeller ile uygulama gerçekleştirilmiştir. İş istasyonunda çalışma şekli, operatörler arasında farklılık göstermediğinden maruziyet puanları aynı elde edilmiştir. Bu sebeple, bulgularda tek operatöre ait değerler verilmiştir.

Uygulamada yer alan gözlemci ise, 1 beyaz yaka personeldir. Çalışmada operatör ve gözlemci olarak bulunan personeller, firmanın ilgili biriminin gerçek çalışanlarıdır. Süreç akışındaki numaralandırmalara göre operatörün hat üzerinde hurda taşıma işini yaparken iş istasyonunda gerçekleştirdiği görevler Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Mevcut İş İstasyonu

QEC analizinde gözlemci ve operatör QEC formu üzerinde kendilerinin doldurması gereken alanları doldurmuştur ve QEC puanı hesaplanmıştır. Operatör, işin yüksek görsel dikkat gerektirdiği ve

yaptığı işin orta düzeyli stresli olduğunu belirtmiştir. Tüm değerlendirme kriterlerini içeren QEC değerlendirme sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8
Mevcut Durum QEC Değerlendirmesi

		DEĞERLENDİRME SONUCU			
		MARUZİYET SEVİYESİ			
	Skor	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Bel (statik)	-	8-15	16-22	23-29	29-40
Bel (hareketli)	32	10-20	21-30	31-40	41-56
Omuz/kol	32	10-20	21-30	31-40	41-56
Bilek/el	26	10-20	21-30	31-40	41-46
Boyun	16	4-6	8-10	12-14	16-18
Araba Kullanma	0	1	4	9	-
Titreşim	1	1	4	9	-
İş temposu	4	1	4	9	-
Stres	18	1	4	9	16
Toplam	129				

Tablo 8'den de görüldüğü gibi, QEC puanını özellikle bel, omuz/kol ve boyun bileşenleri arttırmaktadır. Değerlendirme sonucuna göre QEC maruziyet seviyesi, Denklem (1) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$E = \frac{129}{176} \times 100 = \%73,30$$

Risk puanı > %70 olduğu için Tablo 4'e göre, oluşan riskin derhal incelenmesi ve tasarım değişikliği yapılması gerektiği görülmektedir. BAUA analizi

yapılırken zaman ağırlığı için, kaldırma ve yer değiştirme işlemi; yükün önem düzeyi için, erkek operatör ve yük ağırlığı <10 kg.; konum için, postürde oluşan eğilme ve belin dönme hareketleri; uygulama şartlarında ise operatörün çevresinin hareket serbestliğine sahip olmasına göre değerlendirme yapılmıştır. Tüm

değerlendirme başlıklarını içeren BAUA sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Değerlendirme puanı 30 olarak elde edilmiştir. Risk faktörü değeri, 25 ve 50 arasında olduğu için Tablo 7'ye göre burada oluşan risk, vücudun fazla zorlanmasının olası olduğu ve iş tasarımının iyileştirme yönüne gidilmesi gerektiğini açıkça göstermektedir.

Tablo 9
Mevcut Durum BAUA Değerlendirmesi

DEĞERLENDİRME SONUCU					
Değerlendirme	Risk Bölgesi	Zaman Ağırlığı	Yükün Önem Düzeyi	Konum	Uygulama Koşulları
(1+4+0)*6=30	3	6	1	4	0
Açıklama: Epey fazla yük					

4.2 İyileştirilmiş Durum

Uygulamanın yapıldığı iş istasyonunda operatör üzerinde oluşan maruziyetlerin azaltılması verimlilik ve çalışma koşulları iyileştirilebilir. Mevcut süreçte operatör, 6 ve 10 kg ağırlıklarındaki hurda kasasını eğilerek toplama kasasına boşalttığı için QEC puanlarına göre özellikle bel, omuz/kol ve boyun bölgesinde KİSR riskinin bulunduğu, BAUA risk değerlendirmesine göre de, fazla yük nedeni ile iş düzenlemesine gidilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Operatörün kasada biriken yükü makineden alıp kaldırarak boşaltması sırasında yüke maruz kalmasını önlemek için prograssif kalıp hattının arka tarafına konumlandırılmak üzere geniş, eğimli, V şeklinde bir hurda tavası yapılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. İyileştirilmiş İş İstasyonu

Buradaki amaç, makine kullanımı esnasında hurda toplama işinin operatörden bağımsız hale getirilmesidir. Makinada parça işleme sırasında çıkan hurdaların, tavaya verilen eğim ile hemen altında bulunan toplama kasalarına insan gücü olmaksızın dökülmesi sağlanmıştır. Tasarlanan hurda tavası operatörün yaptığı taşıma ve dökme görevini devralmıştır. Yapılan iyileştirme ile birlikte operatör, yalnızca kalıp makinesini kumanda edeceği sürece odaklanmıştır. Hurda olarak yük kaldırma, eğilme gibi görevler ortadan

kaldırılmıştır ancak operatörün makine kullanımına devam ettiği unutulmamalıdır. İyileştirilmiş durum için taşıma, kaldırma, dökme

görevleri hariç, operatörün Şekil 8'deki çalışma duruşu değerlendirme için kullanılmıştır.



Şekil 8. İyileştirme Sonrası Operatör Görevi

Prograsif kalıp makinesi kullanımına ilişkin, iyileştirme sonrası durumu görmek amacıyla ergonomik analizler tekrar edilmiştir. Tüm

değerlendirme kriterlerini içeren QEC sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10
İyileştirilmiş Durum QEC Değerlendirmesi

DEĞERLENDİRME SONUCU					
	Skor	MARUZİYET SEVİYESİ			
		Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Bel (statik)	-	8-15	16-22	23-29	29-40
Bel (hareketli)	22	10-20	21-30	31-40	41-56
Omuz/kol	22	10-20	21-30	31-40	41-56
Bilek/el	16	10-20	21-30	31-40	41-46
Boyun	14	4-6	8-10	12-14	16-18
Araba Kullanma	0	1	4	9	-
Titreşim	1	1	4	9	-
İş temposu	4	1	4	9	-
Stres	18	1	4	9	16
Toplam	97				

Değerlendirme sonucuna göre QEC maruziyet seviyesi hesaplanmıştır:

$$E = \frac{97}{176} \times 100 = \%55,11$$

İyileştirme sonrası BAUA sonuçları Tablo 11'de verilmiştir. Değerlendirme puanı 2 olarak elde edilmiştir. Konum ağırlığı ve konumun değeri, yapılan iyileştirme ile olumlu yönde değişiklik göstermiştir.

Tablo 11
İyileştirilmiş Durum BAUA Değerlendirmesi

DEĞERLENDİRME SONUCU					
Değerlendirme	Risk Bölgesi	Zaman Ağırlığı	Yükün Önem Düzeyi	Konum	Uygulama Koşulları
$(1+1+0)*1=2$	1	1	1	1	0
Açıklama: Düşük yük					

Mevcut durum ve iyileştirilmiş durum için özet tablo (Tablo 12) incelendiğinde, QEC'de bel puanının 32'den 22'ye düştüğü (kalıp makinesi kullanımı 4 saatten uzun sürerek devam etmektedir), BAUA değerlendirmesinde ise risk puanının 30'dan 2'ye düştüğü görülmektedir. QEC

maruziyet seviyesinde %24,82 oranında azalma olmuştur. Risk düzeyi, çok yüksekte yüksekten indirilmiştir. Tasarlanan hurda tavası ile çalışan sağlığı gözetilmiş ve ergonomik koşullar iyileştirilmiştir. Böylece, ergonomik olmayan çalışma duruşlarının önüne geçilmiştir.

Tablo 12
Mevcut Durum-İyileştirilmiş Durum Karşılaştırması a) QEC, b) BAUA

(a)

Değerlendirme	Mevcut	İyileştirme Sonrası
Bel (statik)	-	-
Bel (hareketli)	32	22
Omuz/kol	32	22
Bilek/el	26	16
Boyun	16	14
Araba Kullanma	0	0
Titreşim	1	1
İş temposu	4	4
Stres	18	18
Toplam	129	97
OEC Puanı (toplam yüzde)	(b) %73,30	%55,11

Değerlendirme	Mevcut	İyileştirme Sonrası
Zaman Ağırlığı	6	1
Yük	1	1
Önemliliği		
Konum	4	1
Uygulama Koşulları	0	0
Değerlendirme	$(1+4+0)*6=30$	$(1+1+0)*1=2$
Risk Seviyesi	3	1

4.3 Ekonomik Analiz

Yapılan çalışmada, ergonomik analizler ve tasarlanan iyileştirme önerisine yönelik olarak maliyet değerlendirmesi yapılmıştır. OEC ve BAUA yöntemlerinin uygulanması için bir beyaz yaka

personel ve hat üzerinde yapılan denemelerde iki mavi yaka personel görevlendirilmiştir. Beyaz yaka personelin günlük çalışma ücreti 150 TL olup sabittir. Mavi yaka personelin ise dakika başına ücreti 0,62 TL'dir. H Tipi Sürücülü 600 ton eksantrik pres makinesinde yapılan çalışmalarda

operatör, mola süreleri hariç günde 440 dakika çalışmaktadır. Buna göre, bir mavi yaka personel için günlük ücret 272,8 TL olarak hesaplanmaktadır. Oluşan maliyet kalemleri ve toplam maliyet Tablo 13'te verilmektedir.

Tablo 13
Uygulama maliyeti

Maliyet Kalemi	Tutar
İşçilik	545,6+150 =695,6 TL
Hurda tavası	125 TL
Toplam Maliyet	820,6 TL

İyileştirme olarak yaptırılan hurda tavasının malzemesi sactır ve makinenin arka bölgesine kaynatılmıştır. Buradan hareketle, malzeme maliyeti bulunmuştur. İş istasyonunda yapılan iyileştirme ile oluşan verimlilik artışına bağlı olarak, ortaya çıkan ilave çalışma zamanı temelinde hesaplanan iyileştirilmiş durum için yıllık getiri Tablo 14'te verilmektedir. Tabloda, iş istasyonundan alınan veriler görülmektedir. İyileştirme sürecinde Tablo 13'de verilen maliyet kalemlerinin oluştuğu zaman aralığında, üretim sürecinde çevrim süreleri ve üretim adetleri elde edilmiştir. İş istasyonunun üretim kapasitesine bağlı olarak bulunan bu değerler getiri hesabı için kullanılmıştır. Yapılan iyileştirme, operatörün makineyi daha aktif kullanmasını sağlamış olup, hurda taşıma, dökme görevleri ile zaman kaybetmesini engellemiştir.

Tablo 14
İyileştirme Getirisi

MAKINA	IS EMRI	MALZEME	ACIKLAMA	BASLANGIC	BITIS	URETİM (adt)	TOPLAM (adt)	HEDEF CEVRİM (sn)	GERCEK CEVRİM (sn)	FARK	CALISMA SURESI (dk)	PLANSIZ DURUS	GETİRİ YIL/İ
PO2-67	1748258	2000500000POS21	0010-POS 21 - PROGRASIF	24.11.2020 14:39	24.11.2020 15:55	1232	1232	4,4352	2,87337	1,56183	59	15	954,39
PO2-67	1748258	2000500000POS21	0010-POS 21 - PROGRASIF	24.11.2020 16:03	24.11.2020 23:57	7645	7645	4,4352	2,88031	1,55489	367	41	5896,02
PO2-67	1748258	2000500000POS21	0010-POS 21 - PROGRASIF	25.11.2020 00:02	25.11.2020 00:58	1236	1236	4,4352	2,42718	2,00802	50	5	1231,03
PO2-67	1748519	2000500000POS21	0010-POS 21 - PROGRASIF	25.11.2020 00:58	25.11.2020 06:25	5278	5278	4,4352	2,34179	2,09341	206	42	5480,31
PO2-67	1738656	2010505LA823301	0010-BRAKET - PROGRASIF - SOL	26.11.2020 08:55	26.11.2020 13:02	2758	2758	5,49996	4,04641	1,45355	186	59	1988,41
PO2-67	1738656	2010505LA823301	0010-BRAKET - PROGRASIF - SOL	26.11.2020 13:51	26.11.2020 16:04	1760	1760	5,49996	3,3409	2,15906	98	34	1884,77
PO2-67	1738656	2010505LA823301	0010-BRAKET - PROGRASIF - SOL	26.11.2020 16:04	26.11.2020 17:36	1003	1003	5,49996	4,42671	1,07325	74	16	533,93
PO2-67	1738582	2000500000POS17	0010-POS 17 - PROGRASIF	28.11.2020 08:13	28.11.2020 08:32	286	286	3,9174	3,14685	0,77055	15	2	109,31
PO2-67	1738582	2000500000POS17	0010-POS 17 - PROGRASIF	28.11.2020 10:45	28.11.2020 14:50	5043	5043	3,9174	2,56989	1,34751	216	24	3370,56
PO2-67	1738582	2000500000POS17	0010-POS 17 - PROGRASIF	28.11.2020 15:14	28.11.2020 15:54	811	811	3,9174	2,29346	1,62394	31	8	653,24
PO2-67	1738582	2000500000POS17	0010-POS 17 - PROGRASIF	28.11.2020 16:04	28.11.2020 17:34	1404	1404	3,9174	3,37606	0,54134	79	10	376,98
PO2-67	1738582	2000500000POS17	0010-POS 17 - PROGRASIF	28.11.2020 18:14	28.11.2020 20:35	2706	2706	3,9174	2,72727	1,19013	123	16	1597,36
PO2-67	1750121	2000500000POS17	0010-POS 17 - PROGRASIF	28.11.2020 20:46	28.11.2020 23:21	2738	2738	3,9174	2,82688	1,09052	129	24	1480,98
												TOPLAM	25.557,30
												İyileştirme Getirisi	

Tasarlanan hurda tavasının uygulamaya geçirilmesi ile toplam yıllık getiri Denklem (4)'e göre 24.736,7 TL olarak hesaplanmıştır. Ekonomik

analiz, 2020 yılı Eylül ayı rakamlarına göre gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Toplam Yıllık Getiri} = \text{İyileştirme Getirisi} - \text{Uygulama Maliyeti}$$

(4)

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Prograsif 600T iş istasyonunda ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden QEC ve BAUA uygulanarak operatörler için KİSR riskleri değerlendirilmiştir ve yapılan işin çalışan üzerindeki fiziksel yönden olumsuz etkisini azaltmak için iş istasyonunda iyileştirme yapılmıştır. QEC değerlendirmesinde bel,

omuz/kol bölgesinin yüksek, boyun bölgesinin ise çok yüksek risk seviyesinde olduğu bulunmuştur. Bu sonuç, işletmenin 2020 yılı verileri olan iskelet yapısına göre klinik sayılarının bel, baş/boyun bölgesinde yoğunlaşmış olmasını, bilimsel değerlendirme metotları ile desteklemektedir. BAUA değerlendirmesinde ise, operatörün epey fazla bir yüke maruz kaldığı görülmektedir. QEC ve BAUA yöntemlerinde, ileriye doğru eğilme

sebebiyle her iki puan türünde de bel ve boyun bölgelerinde yüksek maruziyet olduğu görülmektedir. İstasyonda elde edilen risk puanları göz önüne alınarak, hurda boşaltma işleminin operatör olmadan yapılabileceği bir hurda tavaası tasarlanmıştır. İyileştirme önerisinin üretim ortamında hayata geçirilmesiyle, uygulamaların etkinliğini gözlemek amacıyla ergonomik risk değerlendirme yöntemleri yeniden uygulanmıştır. QEC yöntemine göre, mevcut eylem seviyesi (E) çok yüksekte yükseğe düşürülmüştür. Bel bölgesi maruziyet puanı 32 (yüksek)'den 22 (orta)'ye çekilmiştir. BAUA yönteminde ise, mevcut risk seviyesi 3'ten 1'e çekilmiş olup kabul edilebilir ve ideal çalışma ortamında olması gereken bir seviyeye getirilmiştir. İyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrası durumlar için yöntem puanları bazında karşılaştırma yapıldığında, her iki puan türü için de iyileşmenin olduğu görülmektedir.

İş istasyonlarında çalışanın vücut duruşu (postür) yapılan işe, kullanılan makine, teçhizat veya üretim metoduna, çevresel koşullara bağlı olarak ideal pozisyondan KİSR oluşturacak düzeyde sapma gösterebilmektedir. Bu nedenle işyeri ortamları, ergonomik açıdan iyileştirmeye muhtaçtır. Çalışma alanı farklılıkları, kullanılan makine, teçhizat, alet, kasalara bağlı olarak ortaya çıkan çalışma duruşu bozuklukları, ergonomik analiz yöntemlerini uygulamadaki eksiklikler ve daha birçok farklı neden, operatörlerin vücut bölgelerinde oluşan KİSR'nın temelini oluşturmaktadır. Tekrarlı işler ve fiziksel yükler bir araya geldiğinde gözlem, değerlendirme ve iyileştirmeler ile çözüm yöntemi geliştirilemez ise uzun vadede kayıp maliyetler oluşacak ve işletme ortamındaki en büyük kazanım olan çalışan sağlığı korunamayacaktır. Operatörün hurda kasası ve toplama kasası arasında yaptığı tekrarlı iş çalışan üzerinde yüksek bir zorlanma oluşturmaktadır. Bu bağlamda, yük kaldırma ve boşaltma işleminde eğilmenin önlenmesi gerekmektedir. Bunun için yapılan iyileştirme ile makinenin arka tarafına geniş ve eğimli bir hurda tava alanı oluşturularak hurdaların toplama kasalarına istiflenmesi işlemi operatörden bağımsız hale getirilmiştir. Böylece ilgili görev çalışan tarafından yapılmayacak olup eğilme, dönme ve taşıma gibi süreçlerde ergonomik iyileştirme ile birlikte daha düşük maruziyet

puanlarına erişilmiştir.

Yapılan çalışmada, makineye eklenecek hurda tavaasının maliyetinin yalnızca sac parça ve kaynak kalemlerinden oluştuğu ve 125 TL olduğu belirlenmiştir. Personel maliyetleri ise 695,6 TL olarak hesaplanmıştır. Uygulamadaki iyileştirme maliyetinin düşük olması, çalışmanın iş istasyonunda hayata geçirilmesini kolaylaştıran bir faktördür. Küçük iyileştirme ve maliyetler ile çalışma ortamlarını insana elverişli hale getirmek mümkündür. Yapılan ergonomik iyileştirmenin firmaya sağladığı toplam yıllık getiri 24.736,7 TL'dir. Bu rakam, üretim tasarımında ergonomik iyileştirmeler ile getiri sağlanabileceğini göstermektedir. KİSR'nın önlenmesinde işyerinin ergonomik olarak düzenlenmesi ve sürekli gözden geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışma ortamlarında karşı karşıya kalınan birçok problem, mevcut risklerin tespiti ve bu riskleri azaltmaya yönelik öneri geliştirmekle önlenabilir.

Gelecek çalışmalarda, firmada benzer zorlanmalara sahip ve ergonomik analizler ile incelenmesi gereken farklı iş istasyonları üzerine odaklanılacaktır. Bu araştırma, farklı sektörler ve çalışma ortamlarına uygulanabilir. Akıllı çözümler ve dijital sistemler ile iyileştirmeler daha etkili hale getirilerek ergonomik çalışma ortamları ile çalışanların risk seviyeleri azaltılabilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Uğuray MERT, çalışmanın uygulama kısmının yapılması, sonuçların elde edilmesi ve değerlendirilmesi; Derya İDE, literatür araştırması ve makalenin yazımı; Tülin GÜNDÜZ, çalışmanın yönetilmesi, kontrol edilmesi ve sonuçların yorumlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Teşekkür

Çalışma süresince teknik destek sağlayan Gürkan KOYUNCU ve Mustafa GENÇER'e teşekkür ederiz. Çalışmanın yayınlanması için 16.12.2021 tarihi itibarıyla firmadan izin alınmıştır.

Kaynaklar

- Acar, Ş. B., Şahin, D., Kahya, E., ve Sarıççek, İ. (2019). Soba montaj hattında ergonomik risk değerlendirmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1), 21–39. Doi: <http://dx.doi.org/10.31796/ogummf.455487>
- Akay, D., Dağdeviren, M., ve Kurt, M. (2003). Çalışma duruşlarının ergonomik analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3), 73–84. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/pub/gazimmfd/issue/6657/88995>
- Alici, H., Atıcı Ulusu, H. ve Gündüz, T. (2017). Mobilya sektöründe pnömatik zımbalama ve vidalama işlerinin ergonomik risk değerlendirmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 211-226 . Doi: <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.383432>
- Ariyanto, J., Palutturi, S., Russeng, S.S., Biravide, A.B, Warsingih, W., Rosyanti, L. (2021). Control of the risk of musculoskeletal disorders in the food industry: Systematic review. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 4254–4261. Erişim adresi: <https://www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/545>
- Andrzej, M. L., ve Krzysztof, H. (2016). Evaluation of ergonomic risk in the production line of frozen food products. *Atlantis Press Evaluation of ergonomic risk in the production line of frozen food products, 07(Icemi)*, 272–278. Doi: <https://doi.org/10.2991/icemi-16.2016.7>
- Ayub, Y., Shah, Z.A. (2018). Assessment of work related musculoskeletal disorders in manufacturing industry. *Journal of Ergonomics*, 8(3). Doi: [10.4172/2165-7556.1000233](https://doi.org/10.4172/2165-7556.1000233)
- Babalık, F. (2005). *Mühendisler için ergonomi – İşbilim*. Bursa: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Berber, N. (2020). *REBA, BAUA, NIOSH Ve Snook tabloları yöntemleriyle ergonomik risk analizi incelemesi: Gıda sektörüne yönelik bir uygulama* (Yüksek lisans tezi). Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=WDieXogf139yxZp3izkSTgve no=36UXbd0WcIz2r6SySxxVAA>
- Bulduk, S., Bulduk, E. Ö., ve Süren, T. (2017). Reduction of work-related musculoskeletal risk factors following ergonomics education of sewing machine operators. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(3), 347–352. Doi: <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1262321>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (2021). German Occupational Safety and Occupational Medicine Institution Evaluation Method Tables. Erişim adresi: <http://www.BAuA.de>
- Burdorf, A., ve Van der Beek, A. (1999). Exposure assessment strategies for work-related risk factors for musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health*. Erişim adresi: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10628437/>
- Chiasson, M. ève, Imbeau, D., Aubry, K., ve Delisle, A. (2012). Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(5), 478–488. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.07.003>
- Das, B., ve Sengupta, A. K. (1996). Industrial workstation design: A systematic ergonomics approach. *Applied Ergonomics*, 27(3), 157–163. Doi: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(96\)00008-7](https://doi.org/10.1016/0003-6870(96)00008-7)
- David, G., Woods, V., Li, G., ve Buckle, P. (2008). The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 39(1), 57–69. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.03.002>
- Deryaoğlu, P., Atıcı Ulusu, H., ve Gündüz, T.

- (2019). Investigation of musculoskeletal disorder risks in the meat transporting process. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(4), 513–518. Doi: <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.64624>
- Erdinç, O., ve Vayvay, Ö. (2006). Hızlı maruziyet değerlendirme ölçütü (quick exposure check) yöntemiyle tekstil üretimindeki ergonomik iyileştirmelerin kas-iskelet risklerine etkisinin incelenmesi. *12. Ulusal Ergonomi Kongresi*, Gazi Üniversitesi, Ankara. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/263651704_HIZLI_MARUZİYET_DEGERLENDİRME_OLCUTU_QUICK_EXPOSURE_CHECK_YONTEMIYLE_TEKSTİL_URETİMİNDEKİ_ERGONOMİK_IYİLEŞTİRMELERİN_KAS-ISKELET_RİSKLERİNE_ETKİSİNİN_INCELENMESİ
- Gürsoy Özcan, A. (2021). Ergonomic Risk Assessment in Automotive Welding Lines and Comparison of Method Output. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*. 12 (4), 645-659. Doi: <https://doi.org/10.24012/dumf.1002172>
- Ispăsoiu, A., Milosan, I., Senchetru, D., Machedon-Pisu, T., Maria, A., Ispăsoiu F. ve Meîță C. (2021). Study on the application of the QEC (Quick Exposure Check) on the ergonomic risks assessment in the industrial field. *10th International Conference on Manufacturing Science and Education – MSE 2021* (10023, 14). Doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134310023>
- Ibrahim, N.A., Rahman, S.A.S.A., Ismail, S.H., ve Abdullah, H. (2020) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 834, *6th International Conference on Advances in Mechanical Engineering*. Erişim adresi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/834/1/012056/meta>
- İnalçuk, E. (2019). *Investigation of ergonomic risks in manufacturing sector using Quick Exposure Check Method* (Yüksek lisans tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kahya, E., ve Çiçek, E. (2019). Seramik sektöründe taşıma işlemlerinde ergonomik risk değerlendirmesi: Bir pilot çalışma. *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 7(1), 47–58. Doi: <https://doi.org/10.30720/ered.419016>
- Kahya, E., ve Söylemez, S. (2019). Jant sektöründe QEC ve REBA yöntemleriyle ergonomik risk değerlendirmesi. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 3(2), 83–96. Doi: <https://doi.org/10.33720/kisgd.644584>
- Kırcı, B. K. (2018). *Lojistik depo sektöründe REBA, RULA Ve NIOSH yöntemleri ile ergonomi alanında bir irdeleme*. (Yüksek lisans tezi). Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ij9qsee_xfrSLcwt50n7Zwven_o=l0cyYsZ4jxdnhHvpS2MEMA
- Li, G., ve Buckle, P. (1999). Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*, 42(5), 674–695. Doi: <https://doi.org/10.1080/001401399185388>
- Mahboobi, M., Taghipour, M., ve Ali Azadeh, M. (2020). Assessing ergonomic risk factors using combined data envelopment analysis and conventional methods for an auto parts manufacturer. *Work*, 67(1), 113-128. Doi: <https://doi.org/10.3233/WOR-203257>
- Norval, M., Zare, M., Brunet, R., Coutarel, F., ve Roquelaure, Y. (2020). Contribution of situational operational leeway for ergonomic assessment in the evaluation of work situations. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 22(2), 139–160. Doi: <https://doi.org/10.1080/1463922X.2020.1785039>
- Özcan, E. (2011). İş yerinde ergonomik risklerin değerlendirilmesi ve Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) Yöntemi. *Mühendis ve Makina*. 52(616), 86–89. Erişim adresi: https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/3d6dd07c47d22b4_ek.pdf
- Özcan, E., Sakar, K., Alptekin, H., ve Özcan, E. (2007). Mesleki kas iskelet risklerinin değerlendirilmesinde QEC ölçeğinin (quick

- exposure check-hızlı maruziyet değerlendirme) Türkçe uyarlamasının güvenilirliği. *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*. 70(4), 98-102. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iuitfd/issue/9276/115971>
- Özcan, G., ve Özay, M. E. (2021). Temizlik çalışanlarının çalışma pozisyonlarının baa yöntemi ile incelenmesi: gıda üretim fabrikası örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 9(1), 282-300. Doi: <https://doi.org/10.21923/jesd.774231>
- Özcan M.S. (2021). *Maske üretim tezgâhlarında çalışanlarda postür bozukluklarının tespiti ve örnek uygulama* (Yüksek lisans tezi). Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Prograsif Kalıp Şekillendirme. (2015). Erişim adresi: <https://www.cagdaskalipmakine.com/urun-137-prograsif-kalip.html>
- Prograsif Kalıp Üretim Hattı. (2019). Erişim adresi: <https://www.youtube.com/watch?v=d76APh3OnDc>
- Rahmani, R., Shahnavaizi, S., Fazli, B. ve Ghasemi, F. (2020). Ergonomic assessment of musculoskeletal disorders risk in a cement factory workers using QEC Teqnique. *Pajouhan Scientific Journal*. 18(2), 83-90. Erişim adresi: <https://www.magiran.com/paper/2134180/?lang=en>
- Rabbani, A., ve Ahmed, S. (2020). Ergonomic analysis of material handling for a residential building at rourkela. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*. 101, 689-699. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40030-020-00477-x>
- Rahman, M. N.A., Jaffar, M.S.M., Hassan, M.F., Ngali, M.Z., ve Pauline, O. (2017). Exposure level of ergonomic risk factors in hotel industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 226 (IRIS2017). Erişim adresi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/226/1/012018>
- Sağiroğlu, H., Coşkun, B., ve Erginel, N. (2015). REBA ile bir üretim hattındaki iş istasyonlarının ergonomik risk analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 339-345. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/195469>
- Sever, S., ve Deste, M. (2021). Üretim süreçlerinde ergonomik riskler ve risk değerlendirme yöntemleri: Cıvata fabrikasında bir uygulama. *European Journal of Science and Technology*. (25), 417-441. Doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.892538>
- Sevimli, M., Ulusu, H. A., ve Gündüz, T. (2018). Pirinç paketleme işinde çalışanların çalışma koşullarının ergonomik risk analizleri ile geliştirilmesi. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 20(1), 38-54. Doi: <https://doi.org/10.25092/baunfbed.369102>
- Sukadarin, E., Deros, B., Ghani, J., İsmail, A., Mokhtar, M., ve Mohamad, D. (2013). Investigation of ergonomics risk factors for musculoskeletal disorders among oil palm workers using Quick Exposure Check (QEC). *Advanced Engineering Forum*, 10, 103-109. Doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AEF.10.103>
- Ülker, O. (2020). Koltuk imalatındaki zorlanmaların BAUA yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ergonomi*. 3(1), 45-54. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1052959>
- Vieira, E. R., ve Kumar, S. (2004). Working postures: A literature review. *Journal of Occupational Rehabilitation*. 14(2), 143-159. Doi: <https://doi.org/10.1023/B:JOOR.0000018330.46029.05>
- Yetim, H., ve Gündüz, T. (2016). Ergonomic analysis of working postures that cause strain on workers that work in hand placement business of transporting Containers. *Pressacademia*, 1(1), 1-10. Doi: <https://doi.org/10.17261/pressacademia.2016118133>
- Yüce, D. (2019). *Otomotiv sektöründe BAUA LMM yöntemleriyle ergonomik risk değerlendirilmesi: Teknik servis çalışmaları vaka analizi* (Yüksek lisans tezi). Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/te>

zDetay.jsp?id=xAPAAJTdUShiNpPcmta15Avenok-tCowKyZVJi4WzDD2yjNA

Zengin, M. A. ve Asal, Ö. (2020). Evaluation of employee postures in building construction with different ergonomic risk assessment methods. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 35 (3), 1615-1630. Doi: <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.548028>

Zorlutuna, A. (2021). *İnşaat sektöründeki ergonomik risklerin değerlendirilmesi ve bir uygulama* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.