

OTOMOTİV YAN SANAYİİ İÇİN ERGONOMİ RİSK ANALİZİ VE AYDINLATMA ÇALIŞMASI

Engin ADALAR¹, Aziz ÇAKMAK², Hilal ATICI ULUSU³, Tülin GÜNDÜZ^{4*}

¹Durden Plastik Ürünler Yapışkan Film Tic. San. A.Ş., Bilecik 1. Org. San. Böl., Bilecik

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-2189-6451>

²Durden Plastik Ürünler Yapışkan Film Tic. San. A.Ş., Bilecik 1. Org. San. Böl., Bilecik.

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-9988-4931>

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

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-8347-0806>

⁴Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa.

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-7134-3997>

Anahtar Kelimeler	Öz
Ergonomik Analiz, Aydınlatma, Yansımaya, Kalite Kontrol, Yük Taşıma	İşyerlerinde yük taşıma gibi işlemlerde görülen kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olabilecek duruşlar ve aydınlatma eksikliği, yansımaya gibi uygun olmayan çevresel koşullar hem çalışan sağlığını hem iş verimini olumsuz etkilemektedir. Çalışan sağlığını korumak, verimi yükseltmek ve işin kalitesini arttırmak için ergonomik ve çevresel risk analizleri gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, otomotiv sektörü için araç amblemleri ve krom kaplama parçaları üreten bir firmada ergonomik ve çevresel risk analizi ve aydınlatma çalışması gerçekleştirilmiştir. Firmada gerçekleştirilen yük itme-çekme işlemleri sırasında çalışanlar kas iskelet sistemi rahatsızlığı riskine maruz kalmakta ve kalite kontrol işlemlerinde aydınlatma hataları ve yansımalarından kaynaklı sorunlar oluşmaktadır. Çalışmanın amacı, firmadaki çalışma istasyonlarında kas iskelet sistemi rahatsızlığı riskini azaltacak ve daha verimli bir aydınlatma sağlanacak şekilde yeni işyeri ve çalışma yöntemleri tasarlamaktır. Böylece uzun vadede çalışan sağlığının korunması ve verimliliğin artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, yük itme-çekme işlemleri analizi için BAUA yöntemi kullanılarak çalışanların maruz kaldığı risk belirlenmiştir. Ayrıca, özellikle kalite kontrol işlemlerinin yapıldığı departmanlarda aydınlatma şiddeti ölçümleri ve yansımaya analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda, robot kullanımına başlanarak çalışma düzeni itme-çekme işlemlerini azaltacak şekilde değiştirilmiş ve yansımaya problemi ortadan kaldırılacak şekilde işyeri düzenlemesi yapılmıştır. Böylece otomotiv yan sanayiinde gerçek bir problem ele alınarak sunulan çözümler devreye alınmıştır.

STUDY OF ERGONOMIC ANALYSIS AND LIGHTING FOR AUTOMOTIVE SUPPLY INDUSTRY

Keywords	Abstract
Ergonomic Analysis, Lighting, Reflection, Quality Control, Load Handling	In the workplaces, postures which may cause musculoskeletal disorders in operations such as carrying loads and unsuitable environmental conditions such as reflection and lack of lighting, negatively affect both employee health and work efficiency. Ergonomic and environmental risk analyses are carried out to protect employee health, increase efficiency and improve the quality of work. In this study, ergonomic and environmental risk analysis and lighting study was carried out in a company that produces car emblems and chrome-plated parts for the automotive industry. Employees are exposed to the risk of musculoskeletal disorders during the load push-pull operations carried out in the company, and problems arising from lighting errors and reflections in quality control processes. The aim of the study is to design new workplaces and working methods in order to reduce the risk of musculoskeletal disorders and to provide more efficient lighting in the workstations of the company. Thus, it is aimed to protect employee health and increase productivity in the long term. For this purpose, the risk exposure of employees was determined by using BAUA method for load push-pull analysis. In addition, lighting intensity measurements and reflection analysis were carried out, especially in departments where quality control procedures are carried out. As a result of the analysis, the working order was changed to reduce the push-pull operations by starting to use a robot, and the workplace arrangement was made in a way to eliminate the reflection problem. Thus, solutions offered by addressing a real problem in the automotive supply industry were put into use.

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 26.08.2020	Submission Date : 26.08.2020
Kabul Tarihi : 07.12.2020	Accepted Date : 07.12.2020

*Sorumlu yazar; e-posta : tg@uludag.edu.tr

1. Giriş

İşyerlerinde çalışma sırasında oluşan ve çalışanları rahatsız edebilecek bazı pozisyonlar, başta bel, boyun, bacaklar olmak üzere çalışanın vücudunun çeşitli bölgelerinde yorulmaya ve kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, çalışma ortamı ve şartlarına bağlı olarak oluşabilen ve çalışan sağlığı için uygun olmayan ergonomik koşulların neden olduğu rahatsızlıklardır. Fazla yorucu, ağır ve özellikle tekrarlanan işleri vardiya boyunca yapan çalışanlarda ortaya çıkan bu tip rahatsızlıklar; kas, sinir, tendon, bağ doku, eklem, kıkırdak ve omurların yaralanması veya bozukluğu olarak tanımlanmaktadır (Özel ve Çetik, 2010). Kas iskelet sistemi rahatsızlığı riskine maruz kalan çalışanların performansı düşebilir, bu sebeple iş kalitesi ve verimlilik de azalabilir (Akay, Dağdeviren ve Kurt, 2003). Kalite ve verimliliğin azalması işletme için, kas iskelet sistemi rahatsızlığına yakalanmak ise çalışan için istenmeyen durumlar olduğundan çalışma duruşlarının incelenmesi ve düzeltilmesi gerekmektedir. Çalışanı rahatsız eden çalışma duruşlarının belirlenmesi ve analiz edilmesi için kullanılan yöntemler; çalışanlar tarafından yapılan öznel değerlendirmeler, sistematik gözlemler, direkt ölçümler olmak üzere üçe ayrılır (David, 2005). Örneğin Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme (REBA), Hızlı Üst Vücut Değerlendirme (RULA), Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumunun Değerlendirme Yöntemi (BAUA) gözleme dayalı yöntemlerdendir. Öznel değerlendirmelere dayalı yöntemler arasında ise; otomotiv yan sanayi uygulamalarında da kullanılan Hollanda Kas İskelet Anketi, İskandinav Kas İskelet Anketi ve Cornell Kas İskelet Rahatsızlık Anketi bulunmaktadır (Özmehmet Taşan ve Felekoğlu, 2019).

Tablo 1
DIN5035'e Göre Farklı İşler İçin Aydınlatma Şiddetleri

Nominal aydınlatma şiddeti (lüks)	İş ve işyeri örneği
100	Geçici bir süre bulunulan yerlerde, yer ve yön bulmaya yetecek aydınlık
120	Soyunma odası, tuvaletler, merdivenler
130	Yüksek kontrastlı, iri detaylı, görme yönünden kolay işler
300	Mülakat odaları, self servis restoranlar, çamaşır yıkama, ütüleme
500	Normal kontrastlı, normal detaylı orta zorlukta işler, bürolar, mutfaklar
1000	Küçük detaylı, kontrastı az, zor işler, kontrol ve montaj masaları
2000	Çok küçük detaylı, çok az kontrastlı, görme yönünden zor işler, hassas cihaz montajı, kuyumculuk
5000	Özel işler: örn. ameliyathane

Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumunun Değerlendirme Yöntemi (BAUA), yük kaldırma, tutma ve taşıma işleri ve itme-çekme işlerinde risk faktörünün işin temel özelliklerine göre belirlenmesi için kullanılan bir yöntemdir. Burada adı geçen temel özellikler; işin süresi ve sıklığı, kaldırılan veya taşınan yükün ağırlığı, beden konumu ve işin yapılış koşullarıdır (Babalık, 2014). BAUA yöntemi elle yük taşıma ve yerleştirme işlerinin analizinde (Yetim ve Gündüz, 2015) ve elle yük kaldırma ve yer değiştirme işlerinin analizinde (Alıcı ve Gündüz, 2015) kullanılmaktadır.

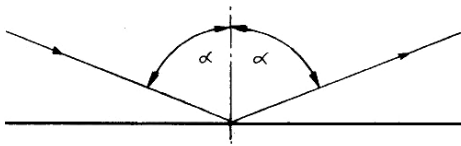
İş yerinde yapılan çalışmalar, fiziksel risk faktörleri açısından değerlendirilmenin yanı sıra, çevresel faktörler de ele alınarak değerlendirilmelidir. Çevresel faktörlerden aydınlatmanın iş üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Çalışma esnasında algılama, dikkat, odaklanma düzeyi aydınlatma şiddetinin artmasıyla yükselmektedir (Van Bommel, 2006). Yapılan işte gözle takip, kontrol gibi görsel görevler ağırlıktaysa aydınlatmanın etkisi daha da fazla olmaktadır. Daha iyi aydınlatılmış işyerlerinde, iş kazalarının da genellikle azaldığı tespit edilmiştir (Knave, 1984).

Alman Standartlar Enstitüsü tarafından yayınlanan DIN5035 Yapay Aydınlatma standardına göre bazı iş ve işyeri örnekleri için nominal aydınlatma şiddeti değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre her iş için farklı aydınlatma şiddeti değerleri gerekli veya yeterli olmaktadır. Örneğin, depolar gibi kaba işlerin yapıldığı yerlerde 50 lüks veya takım tezgâhında çalışma gibi basit işlerde 250 lüks yeterli olurken, renk kontrolü gibi hassas işler için en az 1000 lüks aydınlatma gerekli olmaktadır (Deutsches Institut für Normung, 2007).

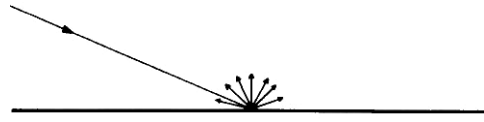
Göz kamaşması, işyerinde aydınlatmadan kaynaklanan şikâyetlerin başında gelir. Göz kamaşması kişinin gördüğü resmin kontrastını azaltır. Kontrast, bir cisim iyi görebilmek veya doğru algılayabilmek için cisim ve arka plan arasında olması gereken ışık yoğunluğu farklarıdır (Babalık, 2014). Bazı durumlarda kontrast, aydınlatma şiddetinden daha önemli hale gelebilmektedir. Örneğin çok fazla aydınlık ve yansımaya derecesinin büyük olduğu ortamlarda göz kamaşması oluşabilmektedir. Çalışma ortamında istenen kaliteyi yakalamak ve olası iş kazalarını önlemek için aydınlatma şiddetinin yeterli olmasının yanı sıra, göz kamaşmasını engellemek

için yansımaların da ortadan kaldırılması gereklidir (Özsungur ve Öztop, 2019).

Çalışma ortamında yansımalar yerleşim düzeninin değiştirilmesiyle, uygun aydınlatma elemanının kullanılmasıyla ve duvar ve diğer yüzeylerin uygun renklerde olmasıyla azaltılabilir. Yüzeylerin parlak veya mat olması da yansımaya için çok önemli olmaktadır. Parlak ve mat yüzeylerden ışığın nasıl yansıdığı Şekil 1'de görülmektedir. Görüldüğü gibi, mat yüzeylerde ışık parlak yüzeylere göre çok daha az derecede yansımaktadır.



a. Parlak yüzey



b. Mat yüzey

Şekil 1. Parlak ve Mat Yüzeyden Işığın Yansıması

Yapı malzemesi ve renklere göre farklı yüzeylerin yansıtma katsayıları ise Tablo 2'de verilmiştir. Çalışma ortamındaki renklerin doğru seçimi de ergonomi açısından aydınlatma düzeylerine olumlu

etki etmektedir (Şahin, Yüksel, Büyüktümtürk ve Şahin, 2015).

Tablo 2
Farklı Yüzeylerin Işığın Yansıtma Katsayıları (Babalık, 2014)

Yüzey Malzemesi	Yansıtma Katsayısı (%)	Yüzey Rengi	Yansıtma Katsayısı (%)
Temiz badana	80	Beyaz	70-80
Parlak alüminyum	70	Bej	40-65
Mat alüminyum	60	Açık gri	40-60
Parlak mermer	30-70	Koyu gri	20-35
Temiz beton	40-60	Pembe	45-55
Kireç taşı	35-55	Kırmızı	15-20
Açık renk meşe	25-35	Açık mavi	20-50
Doğal ahşap	20-30	Koyu mavi	5-20
Kiremit	10-15	Açık yeşil	30-60
Buzlu cam	10	Koyu yeşil	10-30
Pencere camı	8	Koyu kahverengi	10-25
Koyu renk meşe	1-15	Siyah	8

Aydınlatma, gürültü gibi fiziksel etmenler, aşırı güç gerektiren yükleri itme, çekme veya sürüklenme işlemleri ve tekrarlı hareketler otomotiv yan sanayiinde görülen iş kazaları ve meslek hastalıklarına sebep olan etmenler arasında gösterilmektedir (Akgül, 2016). Elle yük taşıma ve itme-çekme işlemleri sırasında çalışma ortamının fiziksel koşulları da uygun değilse çalışan sağlığı daha fazla riske maruz kalmaktadır (Kaya ve Akalp, 2017). Otomotiv çalışanlarının kas iskelet sistemi rahatsızlıkları dikkate alınarak yapılan uygulamalarda otomotiv endüstrisinde işe bağlı kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına bağlı maliyetler azaltılmaktadır (Tanır, Güzel, İşsever ve Çalışkan Polat, 2013).

Bu çalışmada, bir otomotiv yan sanayi işletmesinde ergonomik ve çevresel risk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz kapsamında, çalışanların yük taşıma sırasında maruz kalabileceği kas iskelet sistemi rahatsızlıkları risk seviyesi BAUA yöntemi ile tespit edilmiş, ayrıca işletmedeki aydınlatma yoğunlukları ışıkölçer ile ölçülerek ve yansımalar tespit edilerek aydınlatma faktörleri ile ilgili iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonraki bölümlerinde, firmadaki problemler, analiz için kullanılan yöntemler, uygulama aşaması ve sonuçta elde edilen bulgular açıklanmaktadır. Çalışmayı özgün kılan noktalardan biri, birçok ergonomik risk analizi çalışmasında yer alan yük-kaldırma taşıma analizi ya da duruş analizi çalışmalarından ziyade, yük itme-çekme işinin analiz edilmesidir. Genelde ulusal literatürde ergonomik risk analizi sonuçlarına problemin çözümüne yönelik öneri iletilmektedir. Bu çalışmada gerçek bir problem analiz edilip, sunulan çözüm devreye alınmıştır. Bir diğer özgün yön ise, işletmelerde yeterince önemsenmeyen ya da fark edilmeyen yansımayla oluşabilecek göz hastalıkları problemlerin çözümüne yönelik gerçek bir çözüm yaklaşımının uygulanmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın gerçekleştirildiği firmada plastik üzeri krom kaplama işlemleri yapılmaktadır. Toplam 185 çalışanı bulunan firmada çalışanların %80'i üretim ve kalite departmanlarında çalışmaktadır. İşletmede plastik enjeksiyon hatları ve elektrolit banyolu 3 krom kaplama hattı bulunmaktadır.

Çalışmada öncelikle firmanın tüm departmanlarında ön analiz yapılmış, öncelikli çalışma gerektiren departmanlar belirlenmiştir.

Ergonomi analizi gerçekleştirmek üzere belirlenen çalışma alanları şu şekildedir:

1. Montaj departmanı
2. Plastik enjeksiyon
3. Bara arabaları itme-çekme alanı
4. Final kontrol
5. Gözle kalite kontrol (GKK)
6. Kimyasal depolama alanı
7. Banyolar
8. Bakım atölyesi
9. Diğer çalışmalar

Mevcut çalışma koşulları incelendiğinde; bara arabaları itme-çekme alanındaki çalışmalar fazla sayıda eğilme, uzanma ve sürekli ayakta çalışma gibi mesleki kas iskelet sistemi hastalıklarına yol açabilecek çalışma pozisyonları içerdiğinden riskli görülmüştür. Çalışanların özellikle bel ve boyun bölgeleri ile ilgili çeşitli derecelerde zorlanmaya maruz kalma riski söz konusudur. Yük taşıma açısından çalışanların bazı noktalarda hafif yüklerle çalışmalarına rağmen, yük taşıma işinin çok sıklıkla yapılıyor olması riski arttırmaktadır. Bu noktada çalışanların uzun vadede daha fazla zorlanma riski ile karşılaşmaması için çalışma duruşları analiz edilmelidir.

İş istasyonlarında ergonomi alanında tek bir konuda çalışma yapmak, üzerinde çalışılan işi yeterince geliştiremeyebilir. Bir iş istasyonunda işin niteliğini ve çalışanın performansını etkileyen birden fazla parametre olabilmektedir. Yapılan çalışmada, incelenen işlerde hem kas-iskelet sistemi hastalıklarına karşı risk, hem de çevresel faktör olan aydınlatmanın çalışan üzerinde etkileri bulunmaktadır. Belirtilen alanlar iki ayrı konu gibi görünse de, çalışanı ve iş verimini direk etkileyen konulardır, bu yüzden aynı kapsam içinde ele alınmıştır. Bu çalışma özellikle yük taşıma açısından riskli görülen bara arabaları itme-çekme alanı ve ayakta çalışma ve aydınlatma açısından riskli görülen final kontrol, GKK ve firewall alanlarında yapılan ergonomik risk analizi ve aydınlatma çalışmalarını içermektedir.

Çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur, çalışmanın yayınlanmasına 2020 Haziran ayında firma tarafından onay verilmiştir.

2.1 İtme-çekme Alanında BAUA Analizi

Kaplama hattından çıkan parçaların final kontrol alanına taşınması için bara arabaları kullanılmaktadır. Bu arabalar itme-çekme alanında

çalışanlar tarafından boş veya dolu olarak hareket ettirilmektedir. Bara arabalarının boş hali Şekil 2'de, arabalar ile ilgili bazı özellikler ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3
Bara Arabasının Özellikleri

Bara ağırlığı	80 kg
Aski ağırlığı	Yaklaşık 80 kg
Araba ağırlığı	120 kg
Toplam araba ağırlığı	280 kg
Bir vardiyada toplam itme-çekme mesafesi	Yaklaşık 1 km



Şekil 2. Bara Arabası

Ergonomik risk analizlerine yönelik yapılan çalışmalar ve kullanılan risk analiz yöntemleri

Risk faktörü=(Kütle+Hareket hızı+Beden konumu+Uygulama şartları)

*Zaman ağırlığı*1,3(kadınlar için)

(1)

Risk faktörü değeri, itme-çekme işlerinde 3-100 arasında bir değer olarak bulunur. Tablo 4'te verilen risk derecelendirme tablosuna göre değerlendirilerek, söz konusu işin risk derecesi açıklanır (Babalık, 2014).

incelendiğinde, sıklıkla kullanılan REBA, RULA, OWAS, HMD gibi diğer yöntemler de mevcuttur. (Deste ve Sever, 2019; Neşeli, 2016; Mert, 2014). Ancak bu metotlar ağırlıklı olarak duruş analizi ya da yük kaldırma-taşıma analizlerini içermektedir. Çalışmada incelenen işte özellikle bara arabaları ile itme-çekme işi yapılmaktadır. İtme-çekme işinin analizine yönelik en uygun yöntem BAUA analizi olduğu için, çalışmada bu yöntem tercih edilmiştir.

İtme-çekme işleri için BAUA yöntemi uygulanırken birinci aşamada zaman ağırlığı belirlenir. Zaman ağırlığı belirlenirken, kısa mesafedeki veya sık sık durarak yapılan işler için bir günde yapılan iş sayısı, uzun mesafedeki işler için ise bir günde alınan toplam mesafe dikkate alınır (Babalık, 2014).

İkinci aşamada, kütle, konum hassasiyeti, hız, beden konumu ve uygulama şartlarının ağırlıkları belirlenir. Yükün ağırlığı ve itme-çekmede kullanılan yardımcı araç gerece göre kütle ağırlığı 0,5-5 arasında belirlenir. İşin farklı kısımlarında farklı yükler söz konusu ise ortalama yük için işlem yapılabilir. Konum hassasiyeti için belirleyici faktör hareket hızıdır. Hareket hızının yavaş (>0,8 m/s) veya hızlı (0,8-1,3 m/s) olmasına göre 1-4 arasında bir değer belirlenir. Beden konumu için tabloda verilen duruşlara göre 1-8 arasında değerlendirme yapılır. Uygulama şartları için ise en çok tekrarlanan işlemin iyi, sınırlı, zor veya çok zor olmasına göre 0-8 arasında bir değer belirlenir (Babalık, 2014).

Üçüncü aşama değerlendirme aşamasıdır. Bu aşamada, önceki aşamalarda belirlenmiş olan kütle, konum hassasiyeti, hız, beden konumu ve uygulama şartları ağırlığı değerleri toplanır. Bu toplam, Denklem 1'de görüldüğü gibi, ilk aşamada belirlenen zaman ağırlığı ile çarpılır. Ayrıca kadınların erkeklere göre performanslarının yaklaşık 2/3 olduğu varsayılarak, çalışan kişi kadın olduğu takdirde sonuç 1,3 değeriyle çarpılarak risk faktörü değeri hesaplanır (Babalık, 2014).

Tablo 4
BAUA Yöntemi Risk Değerlendirme Tablosu

Risk Bölgesi	Risk Faktörü Değeri	Açıklama
1	<10	Düşük yük, vücudun fazla yüklenmesi nedeniyle sağlığın kaybedilmesi olası değil
2	10...25	Biraz fazla yük, az yüklenebilen personel için vücudun fazla zorlanması olası. Böyle personel için iş düzenlemesinde iyileştirme önlemleri anlamlı olur.
3	25...50	Epey fazla yük, normal yüklenebilir kişiler için de vücudun fazla zorlanması olası. İş düzenlemesini iyileştirme yönüne gidilmeli.
4	>50	Çok fazla yük, vücudun fazla zorlanma yüklenme olasılığı çok yüksek. İş düzenlemesinde iyileştirme önlemleri almak şart.

2.2 Kalite Kontrolde Aydınlatma Analizi

Gözle kalite kontrol ve final kontrol departmanlarında çalışanların çevresinde, bastıkları zemin de dahil olmak üzere parlayan yüzeyler bulunmaktadır. Parlak yüzeylerden dolayı oluşan yansıma, fotofobi (ışık hassasiyeti) hastalığı riski oluşturmaktadır. Ayrıca çalışanın gözüne yansıyan fazla ışık yoğunluğu, göz kamaşması oluşturarak parça yüzeyindeki hataların yeterince görülememesine sebep olabilmektedir.

Kalite kontrol işlemlerinin yapıldığı ortamlarda aydınlatma şiddetinin en az 1100 lüks olması ve yansımaların engellenmesi gerekmektedir. Olması gereken aydınlatma şiddeti ile karşılaştırmak üzere, firmadaki kalite kontrol hücrelerinde aydınlatma değerleri ölçülmüştür. Ayrıca, çalışma alanlarına ve operatörün gözüne gelen aydınlatma değerleri ölçülmüş ve yapılan uygulama sonucunda oluşan değerler ile karşılaştırma yapılarak değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

3.1 BAUA Analizi Sonuçları

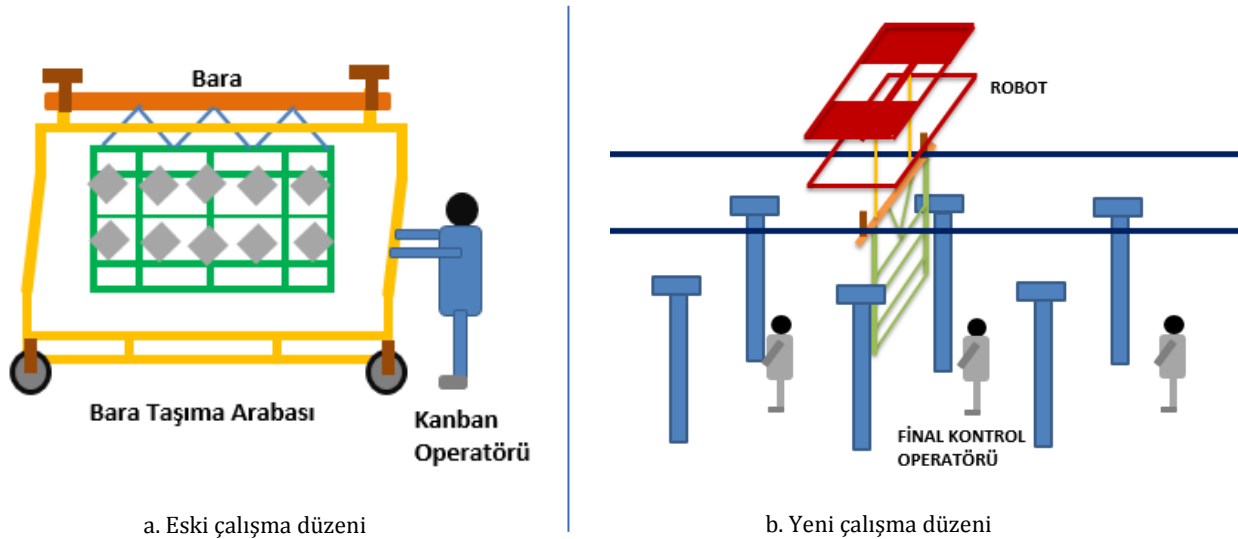
Boş ve dolu bara arabaları bir seferde 5 metreden daha uzak bir mesafeye itilmekte ve çekilmektedir. Dolayısıyla zaman ağırlığı belirlenirken bir günde alınan toplam mesafe dikkate alınmıştır. Bu mesafe en az 1 km olarak gözlemlendiğinden, zaman ağırlığı 4 olarak seçilmiştir. Kütle ağırlığı kullanılan yardımcı araca (arabaya) ve hareket ettirilen yüke göre 4 olarak seçilmiştir. Hareket hızlı ve hareket yolu keyfi olduğundan hareket hızı ağırlığı 2 olarak seçilmiştir. Arabayı itme-çekme sırasında çalışanın vücudunun konumu ilgili tablodaki üst gövde hafif öne eğik seçeneğindeki benzer olduğundan beden konumu ağırlığı 2 olarak seçilmiştir. Uygulama şartları ise döşeme sabit, düz ve kuru olduğundan 0 olarak seçilmiştir. Sonuçta 28 olarak hesaplanan risk faktörü değeri, bu işlemin üçüncü risk bölgesinde "epey fazla yük" içeren bir iş olduğunu göstermiştir (Tablo 5).

Tablo 5
Boş ve Dolu Arabaların İtme-Çekme İşİ İçin Risk Seviyeleri

Araba Ağırlığı	1. Adım		2. Adım			3. Adım	
	Zaman Ağırlığı	Kütle	Hareket hızı	Beden konumu	Uygulama şartları	Değerlendirme	Risk Seviyesi
Boş araba 200 kg	4	3	2	2	0	$(3+2+2+0)*4=28$	3 Epey fazla yük
Dolu araba 280 kg	4	3	2	2	0	$(3+2+2+0)*4=28$	3 Epey fazla yük

Tablo 5'te görüldüğü gibi, risk faktörünün artmasına sebep olan en önemli etken zaman ağırlığıdır. Zaman ağırlığının değeri ise bara arabalarının bir vardiyadaki toplam itme-çekme mesafesinin artmasıyla artmaktadır. Dolayısıyla, itme-çekme alanındaki toplam taşıma mesafeleri düşürülebilirse, risk faktörü azaltılabilir. Örneğin toplam mesafe 1 km'nin altına düşürülürse zaman ağırlığı 2 olacak ve risk faktörü 14'e düşecektir. Sonuçta bir çalışanın bir vardiyadaki toplam itme-çekme mesafesinin azaltılması, riski azaltmak açısından araba ağırlıklarının azaltılmasından daha etkili olacaktır.

Operatörler üzerinde itme-çekme işleminden dolayı oluşan zorlanmayı ortadan kaldırmak üzere kaplama hattından final kontrol hücrelerine taşınacak olan baralar için yeni bir sistem düzenlenmiştir. Yeni çalışma düzeninde bir robot devreye alınarak, operatörlerin bara arabalarıyla yaptığı taşıma işleminin direkt olarak robot tarafından yapılması sağlanmıştır. Şekil 3'te görüldüğü gibi, eski çalışma düzeninde kaplama hattından çıkan baralar, arabalar ile final kontrole operatör tarafından taşınırken, yeni çalışma düzeninde final kontrol alanı kaplama hattıyla bütünleştirilerek baralar robot yardımıyla taşınmaktadır.



Şekil 3. Taşıma İşlemleri İçin Eski ve Yeni Çalışma Düzeni

3.2 Aydınlatma Analizi Sonuçları

Firmadaki ışık yoğunluğu ölçümleri kalite kontrol departmanında gerçekleştirilmiştir. Kalite kontrol hücrelerinde doğal aydınlatma bulunmamakta ve tamamen yapay aydınlatma kullanılmaktadır. Bu sebeple günün hangi saatinde ölçüm yapıldığı ölçüm

değerlerini etkilememiştir. Kalite kontrol hücrelerinde yapılan ölçümlerde 1100 lüks olan minimum değerin sağlandığı, birçok bölümde de bu değerin üzerinde aydınlatmanın sağlandığı tespit edilmiştir. Örnek bir hücrede tavandan çalışma alanına gelen aydınlatma şiddetinin ölçümü Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Çalışma Alanında Aydınlatma Şiddeti Ölçümü

Yansımalarla ilgili yapılan analiz doğrultusunda kalite kontrol hücrelerinin duvar renginin değiştirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Bu hücreler için uygun olabilecek 3 duvar rengi belirlenmiştir. Bunlar;

1. Mat, koyu mavi
2. Mat, koyu yeşil ve
3. Mat, beton grisidir.

Bu renkler arasından operatörün parça üzerindeki hataları belirlemede uygun olabileceği düşünülen mat, koyu yeşil renk seçilerek bir hücrenin bu renge boyanması sağlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Duvarları Mat, Yeşil Renge Boyanan Çalışma Alanı

Yansıma düzeylerinin değerlendirilebilmesi için duvarda oluşan ve çalışanın gözüne gelen aydınlatma şiddetleri ölçülmüştür. Mevcut hücrelerden birinde duvarda oluşan aydınlatma şiddeti 706 lüks olarak ölçülmüştür. Buna karşılık, duvarları mat koyu yeşil renge boyanmış olan

benzer bir hücrede duvarda oluşan aydınlatma şiddeti 171,8 lüks olarak ölçülmüştür. İlgili ölçümler Şekil 6'da görülmektedir. Duvarlardan oluşan yansıma düzeyinde yaklaşık %75'lik bir azalma oluşmuştur.



a) Parlak, beyaz duvarlı hücre



b) Mat, koyu yeşil duvarlı hücre

Şekil 6. Duvarlarda Oluşan Aydınlatma Düzeyi Ölçümleri

Operatörün gözüne gelen aydınlatma şiddeti değerlendirildiğinde ise, beyaz parlak duvarlı hücrede operatörün gözüne gelen aydınlatma şiddeti 786 lüks iken, mat koyu yeşil duvarlı hücrede 324 lüks olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Böylece operatörün gözüne gelen yansıma düzeyinde yaklaşık %60'lık bir azalma tespit

edilmiştir. Ayrıca, mat koyu yeşil duvar boyalı örnek hücrede çalışan operatörlerle yapılan görüşmede, uygulamanın gözlerini rahatlattığını, baş ağrısı ve gözde kamaşma hissini olmadığı sonucu bildirilmiştir.

Tablo 6
Aydınlatma Düzeyi Ölçüm Sonuçları

Aydınlatma Düzeyi (lüks)	Çalışma alanı		
	Parlak, beyaz duvarlı hücre	Mat, koyu yeşil duvarlı hücre	
Ölçüm alanı	Duvarda	706	171,8
	Operatörün gözünde	786	324

Yansıma problemini kaynağında çözmeye yönelik çalışmalardan sonra, kişisel koruyucu donanım kullanma aşamasına geçilmiştir. Çalışanların gözüne gelen yansımayı azaltmak üzere yansıma azaltma özelliğine sahip bir gözlük kullanılmaya başlanmıştır. Deneme amacıyla kullanılan 1 aylık sürenin ardından, çalışanlardan alınan geri bildirimler olumlu olmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışmada otomotiv yan sanayiinde faaliyet gösteren ve dekoratif krom kaplama parçaların imalatını gerçekleştiren bir firmada ergonomik analizler yapılmıştır. Firmadaki yük taşıma ve itme-çekme işlerinin çalışanlar için kas iskelet sistemi rahatsızlığı riski oluşturduğu görülmüştür. Buradan

yola çıkılarak gerçekleştirilen BAUA analizinde, bara arabalarının itme-çekme işleminde risk faktörü değeri 28 olarak hesaplanmış ve risk seviyesi epey fazla yük içeren iş olarak tespit edilmiştir. Operatörler üzerinde oluşan risk seviyesini düşürecek şekilde kaplama hattı final kalite kontrol bölümüne kadar uzatılmış ve baraların robot yardımıyla taşınması sağlanmıştır. Böylece bara arabalarının itme-çekme işlemi kaldırılarak operatörlerin kas iskelet sistemi rahatsızlığı riski önlenmiştir.

Çalışmada yapılan aydınlatma ölçümlerine göre, firmadaki birçok alanda gerekli ve yeterli aydınlatma düzeyi sağlanmaktadır. Ancak asıl sorunu yansıma problemleri oluşturmaktadır. Parlak parçaların operatörler tarafından daha net görülebilmesi, kalite kontrol işleminin doğruluğu için en önemli unsurdur. Dolayısıyla yansımaların azaltılmasına öncelik verilmiştir. Bu amaçla mevcut durumda beyaz ve parlak renkle boyalı olan kalite kontrol hücresi duvarlarının mat, yeşil renge boyanması önerilmiştir. Örnek bir hücrenin duvarlarının mat, yeşil renge boyanması sağlanmıştır. Karşılaştırmalı aydınlatma ölçümlerine göre, duvarlarda oluşan yansıma düzeylerinde %75, operatörün gözüne gelen yansıma düzeyinde ise %60'lık bir azalma olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma, benzer üretim yapan işletmeler için çözüm önerisi niteliğinde rehber alınabilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Engin ADALAR ve Aziz ÇAKMAK, ölçümlerin yapılması ve uygulamanın devreye alınması, Hilal ATICI ULUSU, literatür araştırması ve makalenin yazımı, Tülin GÜNDÜZ, uygun araştırma ve analiz yönteminin belirlenmesi, ölçüm ve analizlerin yapılması, literatür çalışması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Teşekkür

Çalışmaya katkılarından dolayı Durden Plastik Ürünler ve Yapışkan Film Tic. San. A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- 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/en/download/article-file/76208>
- Akgül, D. (2016). *Oto yedek parça üretiminin iş sağlığı ve güvenliği yönünden incelenmesi* (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi). T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim adresi: <https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/1396/dilayakgul.pdf>
- Alıcı, H. ve Gündüz, T. (2015). Vakumlu sistemler ile yük kaldırma ve taşıma işinin insan sağlığına etkisinin değerlendirilmesi. *PressAcademia Procedia, Global Business Research Congress (GBRC)*, 23-32, İstanbul. Doi: <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2016118136>
- Babalık, F. C. (2014). *Mühendisler için ergonomi: İşbilim*. Bursa: Dora Yayıncılık.
- David, G.C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine*. 55, 190-199. Doi: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082>
- Deste, M. ve Sever, S. (2019). İmalat işletmelerinde ergonomik risk değerlendirme yöntemleri üzerine bibliyometrik bir analiz. *Ekev Akademi Dergisi*, ICOAEF Özel Sayısı, 209-224.
- Deutches Institut für Normung. (2007). DIN 5035-8: 2007 Artificial Lighting-Part 8: Workplace Luminaries-Requirements, Recommendations and Proofing. Retrieved from <https://standards.globalspec.com/std/1012255/DIN%205035-8>
- Kaya, Ö. ve Akalp, G. (2017). İş sağlığı ve güvenliği açısından elle taşıma işlerinin değerlendirilmesi (Tekstil ve otomotiv sektörü örneği). *İş, Güç: Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 19(2), 79-90. Doi: <https://doi.org/10.4026/isguc.371037>
- Knave, B. (1984). Ergonomics and lighting. *Applied Ergonomics*. 15(1), 15-20. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(84\)90117-0](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(84)90117-0)
- Mert, E. A. (2014). *Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir çanta imalat atölyesinde uygulanması*. (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi), T.C. Çalışma ve Sosyal

Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.

(GBRC), 1-10, İstanbul. Doi: <https://doi.org/10.17261/pressacademia.2016118133>

Neşeli, C. (2016). *Ergonomik risk analizi yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir kalıp imalat firmasında uygulanması* (Yüksek lisans tezi). İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. Erişim adresi: <http://acikerisim.ikc.edu.tr:8080/xmlui/handle/11469/594>

Özel, E. ve Çetik, O. (2010). Mesleki görevlerin ergonomik analizinde kullanılan araçlar ve bir uygulama örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 41-56. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dpufbed/issue/36008/405251>

Özmehmet Taşan, S. ve Felekoğlu, B. (2019). Otomotiv sektöründe bütünlük ergonomik risk değerlendirme uygulaması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 378-396. Doi: <https://doi.org/10.25092/baunfbed.548546>

Özsungur, F. ve Öztıp, H. (2019). Kurumlarda faaliyet alanlarının aydınlatılması ve çalışanlar üzerindeki etkisi. *Verimlilik Dergisi*, 2, 185-204. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/verimlilik/issue/44167/363951>

Şahin, M., Yüksel, O., Büyüktümtürk, F. ve Şahin, E. (2015). . Yarı endirekt aydınlatma türü ve iç mekân rengi ilişkisinin bina enerji tüketimi ve ergonomisi açısından incelenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 148-165. Doi: <https://doi.org/10.18185/eufbed.23595>

Tanır, F., Güzel, R., İşsever, H. ve Çalışkan Polat, U. (2013). Bir otomotiv fabrikasında kas-iskelet sorunları ve istirahat raporu alanlara verilen ergonomi ve egzersiz eğitimi sonuçları. *Journal of Physical Medicine & Rehabilitation Sciences/Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bilimleri Dergisi*, 16(3). Doi: <https://doi.org/10.4274/tftr.28482>

Van Bommel, W.J. (2006). Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. *Applied Ergonomics*, 37(4), 461-466. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.04.009>

Yetim, H. ve Gündüz, T. (2015). Taşıma kaplarının elle yerleştirilmesinde zorlanmalaya neden olan çalışma duruşlarının analizi. PressAcademia Procedia, Global Business Research Congress