

SOBA MONTAJ HATTINDA ERGONOMİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Şadiye Begüm ACAR¹, Dilara ŞAHİN², Emin KAHYA^{3*}, İnci SARIÇİÇEK⁴

¹ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-3077-5299>

²ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-9234-8159>

³Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480 Eskişehir.

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-9763-2714>

⁴Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Meşelik Yerleşkesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 26480 Eskişehir.

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-3528-7342>

DOI : <http://dx.doi.org/10.31796/ogummf.455487>

Anahtar Kelimeler

Ergonomik Risk
Değerlendirmesi,
Kas-İskelet Sistemi
Hastalıkları,
REBA,
BAUA

Öz

Katı yakıtlı soba üretim sektörü fiziksel zorlanmaların yoğun olduğu ve bu nedenle de çalışanların kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını yaşadıkları sektörlerden biridir. Bu çalışmada, bir döküm fabrikasının katı yakıtlı soba montaj hatlarında çalışan işçilerin maruz kaldıkları fiziksel zorlanmaların tespiti ve azaltılması için iyileştirme önerileri geliştirilmesi amaçlanmıştır. İşletmenin üretim süreci incelenmiş, fiziksel zorlanmaların en fazla olduğu montaj atölyesinin birinci hücrelerinde, Dört Köşe Şömine Soba montajı için 3 istasyon ve toplam 36 işlem tanımlanmıştır. Her bir istasyondaki tüm işlemler için REBA ve BAUA yöntemleri ile ergonomik risk değerlendirmeleri yapılmıştır. REBA skorları; birinci, ikinci ve üçüncü istasyonlar için sırası ile 2-12 (çok yüksek); 2-11 (çok yüksek); 2-10 (yüksek); BAUA skorları ise 1-4 (epey fazla yük) elde edilmiştir. Risk skorları yüksek olan; birinci istasyonda 8 işlemde 6, ikinci istasyonda 10 işlemde 3 ve üçüncü istasyonda 18 işlemde 8'inde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Geliştirmeler sonucunda, REBA skorlarında; birinci istasyonda %72, ikinci istasyonda %41 ve üçüncü istasyonda %40 iyileştirme sağlanmış ve işlemlerin risk skorları "kabul edilebilir" düzeye indirilebilmiştir. BAUA için ise iyileştirme yüzdeleri sırası ile %70, %51 ve %43 olarak elde edilmiştir. Çalışanlara daha sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için önerilerin maddi boyutunun yerine getirilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir.

ERGONOMIC RISK ASSESSMENT IN STOVE ASSEMBLY LINE

Keywords

Ergonomic Risk Assessment,
Musculoskeletal System
Diseases,
REBA,
BAUA

Abstract

The solid fuel stove manufacturing industry is one of the sectors where physical strains are intense and therefore workers have musculoskeletal disorders. In this study, it was aimed to develop a remediation proposal for the detection and reduction of the physical constraints that a casting factory is exposed to by workers working in solid fuel stove assembly lines. The manufacturing process of the plant was examined. In the first cell of the assembly workshop where the physical constraints are greatest, 3 stations and a total of 36 processes have been defined for the installation of the Four Corner Fireplace Stove. Ergonomic risk assessments have been made with REBA and BAUA methods for all operations in each station. REBA scores; 2-12 (very high) for the first, second and third stations respectively; 2-11 (very high); 2-10 (high); The BAUA scores were 1-4 (very high). For the operations to have high risk scores, improvement studies were carried out in 6 out of 8 operations in the first station, 3 out of 10 operations in the second station and 8 out of 18 operations in the third station. As a result of the developments, in the REBA scores; 72% in the first station, 41% in the second station and 40% in the third station, and the risk scores of the transactions could be reduced to "acceptable" levels. For BAUA, the percentage of improvement was 70%, 51% and 43%, respectively. It has been determined that the economic dimension of the proposals can be fulfilled to provide a healthier work environment for the employees.

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 28.08.2018	Submission Date : 28.08.2018
Kabul Tarihi : 21.01.2019	Accepted Date : 21.01.2019

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler sayesinde işler kolay hale gelse de fiziksel insan gücüne duyulan ihtiyaç hala birçok alanda devam etmektedir. İnsan gücünün yoğun olarak kullanıldığı işlerde eğer uygun olmayan çalışma duruşları mevcut ise kas iskelet sistemi rahatsızlıkları kaçınılmaz bir sorundur. Fiziksel güç kullanımı yüksek olan işleri yapan çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıkları sıklıkla görülmektedir.

Araştırmalara göre endüstriyel işlerin ortalama üçte biri; kaldırma, indirme, tutma, taşıma, itme veya çekme gibi elle taşıma işlerinden biri ile bağlantılı ve elle taşıma işlerinin bel rahatsızlıklarına sebep olduğu yönünde güçlü kanıtlar bulunmaktadır (Akay ve Toksari, 2009).

Kas iskelet sistemi hastalıklarının etiolojisinde genel olarak çalışma ortamında sıklıkla karşılaşılan tekrarlayıcı hareketlerin artarda yapılması, vücudun uygun olmayan pozisyonlarda uzun süre kalması ve vibrasyon maruziyeti ile ortaya çıkan birikimli travmaların etkisi söz konusudur (Bilir, 2011). İşe bağlı Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) fiziksel çaba ile ilişkili olup, dünyanın her tarafında en yaygın sağlık problemlerinden biridir (İçağasıoğlu ve diğ., 2015). Meslek hastalıklarından olan KİSR, dünyanın birçok ülkesinde çarpıcı bir şekilde artmaktadır.

Katı yakıtlı soba üretim sektörü, emek yoğun sektörler arasında yer almaktadır. Çalışma esnasında 100 kg'a varan ağırlıkta parçaların kaldırma ve indirilmesi ile uygunsuz çalışma pozisyonları gibi fiziksel etkenlere maruz kalındığından, işçilerde işe bağlı kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ile iş kazaları (yaralanma ve sakatlanma) olabilmektedir. Gerekli iyileştirmelerin yapılmaması ve sorunların göz ardı edilmesi halinde KİSR artması engellenemeyecektir. Ayrıca KİSR nedeni ile işgücünde verimsizlik hatta kayıplar ortaya çıkacaktır. Bu da maliyet ve zaman kaybı anlamına gelmektedir. Bu nedenlerden dolayı son zamanlarda KİSR minimum düzeye indirebilmek için ergonomik düzenlemeler oldukça önem kazanmıştır.

Çalışanların maruz kaldıkları fiziksel zorlanma düzeyleri, gözleme dayalı ergonomik risk değerlendirme yöntemleri kullanılarak belirlenebilir. Bu kategoride, işlemin özelliğine bağlı olarak en yaygın kullanılan yöntemler;

- ❖ Yük kaldırma ve taşımada; Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü Yük Kaldırma Endeksi (NIOSH Lifting Equation) ve BAUA (Bundesanstalt für Arbeitschutz und Arbeitsmedizin) (Federal Almanya İş Güvenliği

ve İş Hekimliği Kurumunun Değerlendirme Yöntemi);

- ❖ Ofis işlemlerinde RULA (Rapid Upper Limb Assessment) (Hızlı Üst Uzuv Değerlendirmesi) ve ROSA (Rapid Office Strain Assessment)
- ❖ Montaj işlemlerinde OCRA (Occupational Repetitive Actions Index) (Mesleki Tekrarlamalı Hareketler İndeksi)
- ❖ Üretim ve hizmet işlemlerinde QEC (Quick Exposure Check) (Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi), REBA (Rapid Entire Body Assessment) (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirmesi) ve OWAS (Ovako Working Posture Analyzing System) (Ovako Çalışma Duruşları Analiz Sistemi)

sayılabilir. Bu yöntemler kullanılarak; metal (Kee ve Karwowski, 2007; Sağiroğlu, Coşkun ve Erginel, 2015; Gönen, Oral, Ocaktan, Karaoğlu ve Cicibaş, 2017), otomotiv (Atıcı, Gönen ve Oral, 2015), plastik (Ulutaş ve Gündüz, 2017), ormancılık (Jones ve Kumar, 2010; Ünver Okan ve Kaya, 2015; Enez ve Nalbantoğlu, 2015), mobilya (Ülker ve Burdurlu, 2012; Koç ve Testik, 2016; Polat ve diğ., 2017), tekstil (Erdoğan ve Vayvay, 2006), toprak ürünleri (Özel ve Çetik, 2010), maden (Gangopadhyay, Das, Das, Ghoshal ve Ghosh, 2015), tarım (Kong, Lee, Lee ve Kim, 2017) gibi üretim sektörleri ile servis (Akay, Dağdeviren ve Kurt, 2003), sağlık (Atasoy, Keskin, Başkesen ve Tekingündüz, 2010; Herzog, Beharic, Beharic ve Buchmeister, 2014; Kim ve Roh, 2014), eğitim (Hashim, Dawal ve Yusoff, 2012; Apaydın, Erol, Koçyiğit ve Elbasan, 2016) gibi hizmet sektörlerinde çok sayıda ulusal ve uluslararası yayın bulunmaktadır.

Katı yakıtlı soba üretim sektöründe işlemler esnasında fiziksel zorlanmaların en yüksek olduğu sektörlerden biridir. Buna rağmen Türkiye'de bu sektörde ergonomik risk değerlendirme konusunda yapılmış çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, çalışan duruşlarını analiz etmek için REBA (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme) ve BAUA (Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumunun Değerlendirme Yöntemi) yöntemleri kullanılarak katı yakıtlı soba ve kuzine üreten bir döküm fabrikasının soba montaj atölyesinin birinci hücrelerinde montaj işlemleri için ergonomik risk değerlendirmeleri ele alınmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Ulusal ve uluslararası kaynaklarda, özellikle metal sektöründe yapılmış bazı önemli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

Hignett ve McAtamney (2000), çalışmalarında sağlık ve diğer hizmet sektörlerinde çalışanların çalışma duruşlarını incelemek istemişlerdir. Bu amaçla ergonomist, psikoterapist, işyeri terapistinden oluşan bir takım ile 600 iş duruşunu kaydetmişlerdir. Bu çalışmada geliştirilen REBA duruş analiz yöntemi ayrıntılı olarak tanıtılmıştır.

Engström ve Medbo (1997), bir otomobil fabrikasında montaj hattında çalışan bir işçiyi kamera yardımı ile kayda almış, OWAS yöntemi ile analizini yapmışlardır. İşçinin %60 iş gücü kaybıyla çalıştığını belirlemişlerdir.

Akay ve diğ. (2003), OWAS yöntemi ile bir oto servis istasyonunda bir uygulamaya yer vermiş ve çalışma duruşlarının oto-servis istasyonunda nasıl iyileştirebileceğine yönelik alternatif yöntemler sunmuşlardır. Temel çalışma duruşları parametre olarak alındığında, kaldıraç kullanımı tehlike seviyesi yüksek olan C3 ve C4 kategorilerindeki duruşların görülme sıklığını %20'den %9,5'a kadar düşürmüşlerdir.

Kocabaş M. (2009), ağır ve tehlikeli işler olarak adlandırılan metal eşya imalatı, metalürji sanayi, yapı işleri ve taş işlerinde çalışanların çalışma anındaki duruşlarını OWAS ve REBA yöntemleriyle incelemiştir.

Özel ve Çetik (2010), çalışmalarında, işe ilişkin kas iskelet sistemi rahatsızlıklarının önüne geçilmesi bakımından, en çok kullanılan ergonomik risk değerlendirme araçları gruplandırılmış, üstün ve zayıf yönleriyle bir karşılaştırması yapmıştır. Bu risk değerlendirme araçlarından, kullanımının ve analizinin kolay olduğu direkt bir gözlem tekniği olan OWAS yöntemi ele alınmıştır. Bir kiremit fabrikasının emek yoğun olarak çalışılan yüklem bölümündeki çalışanları üzerinde bu yöntem kullanılarak örnek bir analiz yapılmış, sonuçları değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Chiasson, Imbeau, Major, Aubry ve Delisle (2012), farklı sektörlerdeki 567 görevi içeren 244 iş istasyonunda kas iskelet sistemi rahatsızlığı ile ilgili risk faktörlerini değerlendirmişlerdir. Bunun için; 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 metodlarını kullanmışlardır. EN 1005-3 standardı uygulama sonuçlarına göre, iş istasyonlarının %86'sı yüksek riskte bulunmuştur. JSI yönteminin uygulama sonuçlarına göre bu oran %9'dur. RULA ile REBA uygulama sonuçları ve JSI ile HAL uygulama sonuçlarında arasında korelasyon oranı çok yüksektir. FIOH, RULA, REBA uygulamalarında, iş istasyonlarında düşük bir risk tanımlanmamıştır. QEC metodu uygulama sonuçlarının, diğer metodlardan elde edilen uygulama sonuçlarına göre daha belirgin olmadığını göstermiştir.

Sağıroğlu ve diğ. (2015), bir kompresör fabrikasının üretim hattında bulunan 10 iş istasyonunda REBA yöntemi ile risk analizi yapmış ve elde edilen sonuçları doğrultusunda 2 istasyon için iyileştirme önerileri sunmuştur.

Atıcı ve diğ. (2015), otomotiv sektöründe kablo üretimi yapan bir işletmede uygun olmayan çalışma pozisyonlarının iyileştirilmesi amacıyla REBA analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz ile çalışmada meydana gelen zorlanmalar belirlenmiş ve bu zorlanmaları azaltacak iyileştirmeler sunulmuştur.

Koç ve Testik (2016), işle ilgili kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını çok yönlü olarak ele almıştır. Literatürde yer alan ergonomik risk değerlendirme yöntemlerine yer verilmiş, mobilya imalatındaki işe bağlı kas iskelet sistemi sorunlarına değinilmiştir. Çalışmanın uygulama aşamasında, tehlikeli sınıfta yer alan ve sektörde öncü olan bir mobilya fabrikası tercih edilmiştir. Araştırmada OWAS, REBA, QEC ve ManTRA yöntemleri seçilmiş, bu dört yöntem ile mobilya fabrikasında ergonomik risk değerlendirmesi yapılmış, tespit edilen ergonomik risklere ilişkin çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Ulutaş ve Gündüz (2017), kablo imalatı yapılan bir fabrikada KİSR ile ilişkili problemler tespit etmişlerdir. Belirlenen iki özel iş istasyonunda, QEC ve REBA yöntemleri uygulanmıştır. Bu analizlerin sonrasında, fiziksel risk etmenlerinin iyileştirilmesi için yeni uygulamalar geliştirilmiştir. Yapılan düzenlemeler sonrası tekrar analizler yapılarak elde edilen sonuçların etkinliği değerlendirilmiştir.

Gönen ve diğ. (2017), bir transformatör imalatçısının montaj hattı çalışanlarının kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları; Cornell Üniversitesi Kas İskelet Sistemi Rahatsızlık Anketinden esinlenilerek oluşturulan bir anket çalışması, REBA ve OWAS ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, sırt, bel, ayaklar, boyun, sağ pazu ve omuzlar en riskli vücut bölümleri olarak belirlenmiş ve bu riskleri azaltmak üzere ayarlanabilir bir montaj sehпасı tasarımı önerilmiştir.

3. Ergonomik Risk Analizi

3.1. Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

En genel tanımıyla duruş (postür); vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacakların boşluktaki konfigürasyonu, hizalanmasıdır. Çalışma duruşu ise, vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacakların yapılan işe ve işin özelliklerine göre hizalanmasıdır. Uygun olmayan duruşlar, bir veya birden fazla uzvun, hareketsiz vücut duruşundan sapmasıdır.

KİSR, kaslarda, sinirlerde, tendonlarda, kıkırdakta, bağlarda, birleşme noktalarında ve disklerde (omurga) meydana gelen rahatsızlıklardır. İskelet ve kas sistemi sendromları eğilme, doğrulma, tutma, kavrama, bükme

ve uzanma gibi sıradan vücut hareketlerinden meydana gelir (Akay ve diğ., 2003).

Çalışanlarda KİSR; kaslar, sinirler ve yumuşak dokuda ağrıya neden olan bükülme, gerilme, kavrama, tutma, dönme, eğilme gibi hareketlerin çalışma esnasında tekrarlanması sebebiyle oluşmaktadır. KİSR'na sebep olan risk faktörleri; işe bağlı faktörler, bireysel faktörler ve psikososyal faktörler olarak sınıflandırılmaktadır. İşe bağlı risk faktörleri; çalışma esnasındaki tekrarlayıcı hareketler, uygun olmayan duruşlar, ağır yük kaldırma ve işle ilgili eğitimin yetersizliği gibi faktörlerdir.

Çalışırken sıklıkla tekrar edilen işler, genelde sabit bir duruş ve yüksek kuvvet uygulama gibi risk faktörlerini de içermektedir. Dolayısıyla bu işler vücudun çeşitli bölgelerinde ağrı oluşumuna neden olmaktadır. Özellikle omuz seviyesinin üzerine uzanma, gövde ekseninin dışına doğru uzanma, eğilme ve dönme hareketleri boyun ve omuzlardaki rahatsızlık nedenidir. Çalışma ortamlarının plansızlığı ve iş için uygun olmayan ekipmanların seçimi de risk yaratabilecek hareketlerin oluşumunda etkili olmaktadır. KİSR, bahsedilen risk faktörlerinin bir birleşimi veya etkileşimi ile meydana gelmektedir.

Çalışma hayatında kas iskelet sistemine bağlı olarak gelişen tendon, kas, sinir ve diğer yumuşak dokularda hasara neden olan kavrama, bükme, gerginleştirme, tutma, sıkıştırma, döndürme ve uzanma gibi birçok tekrarlayıcı fiziksel hareketler sebebiyle oluşmaktadır. Bu yaygın hareketler, günlük yaşamın olağan aktiviteleri içerisinde zararlı değildirler. Bu hareketleri zararlı yapan hareketlerin aralıksız tekrarı, hızı ve toparlanma için iki hareket arasındaki zaman yetersizliğidir (Esen ve Fırlı, 2013).

3.2. Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemleri

Uygun olmayan çalışma duruşlarının iyileştirilmesi, zorlanmaların azaltılması çalışanın sağlığı ve aynı zamanda iş performansı açısından oldukça önemlidir (David, 2005).

KİSR riskini değerlendirmek için kullanılan yöntemler;

- ❖ Kişisel anket yöntemleri,
- ❖ Sistemik gözlemlere dayalı yöntemler ve
- ❖ Direkt ölçüm yöntemleri

olarak sınıflandırılabilir (Özel ve Çetik, 2010; Chiasson ve diğ., 2012; Mert, 2014).

Kişisel Anket Yöntemleri: KİSR riskinin değerlendirilmesi için kullanılan öznel anketler ve kontrol listelerinden bazıları şu şekildedir:

- ❖ Standardize Edilmiş İskandinav KİS Anketi (Nordic Musculoskeletal Questionnaire - NMQ),

- ❖ Hollanda KİSR Anketi (Dutch Musculoskeletal Discomfort Questionnaire),
- ❖ Cornell Kas İskelet Rahatsızlık Anketi (Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire).
- ❖ Hissedilen çaba derecesine dayanan İsveç Mesleki Yorgunluk Envanteri (Swedish Occupational Fatigue Inventory, SOFI).

Bu yöntemlerin en büyük avantajı, maliyetinin düşük olması, etkili yöntemler olması ve büyük çaplı örneklere uygulanabilmesidir (Koç ve Testik, 2016). Ancak bu yöntemler maruziyet seviyesi ve değişimi ile ilgili olarak düşük geçerliliğe sahiptir.

Sistemik Gözlemlere Dayalı Yöntemler: KİSR riskinin nicel olarak değerlendirilebilmesi amacıyla kullanılan yöntemler de basit gözleme dayalı yöntemler ve gelişmiş gözleme dayalı yöntemler olarak ikiye ayrılabilir.

- a) Basit gözleme dayalı yöntemler; NIOSH, BAUA, RULA, OCRA, QEC, REBA, OWAS
- b) Gelişmiş gözleme dayalı yöntemler; Ergo-Man, 3DSSPP, Jack, RAMSIS Model, AnyBody Modelleme Sistemi

sayılabilir.

Gözlemsel metotlar, uygulayıcılar tarafından hala en çok kullanılan yöntemlerdir. İş yerindeki iş sağlığı ve güvenliği yönetimi kapsamında, sıklıkla uygulayıcılar için geliştirilir ve KOBİ'nin gereksinimlerine göre uyarlanır. Alanda veri toplamak söz konusu olduğunda kullanımı daha kolay, maliyeti daha düşük ve daha esnek metotlardır (Koç ve Testik, 2016).

Direkt ölçüm yöntemleri: İnsan hareketlerini ve duruşlarının analizi için direkt ölçümlerde elektromiyografi (EMG), açıölçer, biyomekanik analiz araçları ve optik araçlar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan yöntemler izleyen alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.2.1. REBA Yöntemi

Hignett ve McAtamney (2000) tarafından duruşları analiz etmek üzere geliştirilen REBA (Rapid Entire Body Assessment) (Hızlı Tüm Vücut Değerlendirme) yöntemi, elle yapılan işlemlerin risklerini hesaplamak için kullanışlı bir araçtır. REBA yöntemiyle dinamik hareketler analiz edilebildiği gibi sabit duruşlar da analiz edilebilmektedir (Kocabaş, 2009). Çalışanın vücut bölümleri duruşuna puanlar vererek çalışanın o işi yaparken ne kadar zorlandığını analiz eder. Böylelikle çalışanın zorlandığı noktaları belirleyerek KİSR engellenebilmesi için nelere, hangi duruşlara dikkat edilmesinin gerektiğini tespit yardımcı olur.

REBA yöntemi iş yerinde risk değerlendirmesi yapılırken duruş analizine ihtiyaç duyulduğunda,

- ❖ Çalışma esnasında tüm vücudun kullanıldığı durumlarda,
- ❖ Çalışma duruşunun statik, dinamik tekrarlı veya değişken olduğu durumlarda
- ❖ Canlı ya da cansız yükler sıklıkla ya da seyrek olarak elle taşındığında ve
- ❖ İşyeri ve ekipman değişikliğinde,

Eğitimden önce ve sonra çalışanların risk alma algılarını gözlemlemek için kullanılabilir. REBA bir işin kritik olan her görevi için her bölgeye puan atayarak vücut duruş faktörlerini değerlendirme işlemidir. Böylece analiz edilmek istenen bir çalışma duruşu veya hareketin neden olduğu risk sayısal olarak ifade edilmiş olur.

REBA yöntemi bir çalışma duruşu esnasında gövdede, boyunda, bacaklarda, üst kollarda, alt kollarda ve bileklerde ortaya çıkan esneme ve bükülme ve bu duruşlar esnasında çalışanın maruz kaldığı yüklerle bağlı olarak 1 ile 15 arasında değişen bir skor belirlenmektedir. Hesaplanan REBA skoru ile ele alınan çalışma duruşunun risk seviyesi ihmal edilebilir, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek risk olmak üzere derecelendirilmektedir. Risk seviyeleri ve her seviyeye göre alınması gereken önlem dereceleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1
REBA Risk Dereceleri

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal edilebilir	Gerekli değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zamanda gerekli
4	11-15	Çok yüksek	Hemen gerekli

3.2.2. BAUA Yöntemi

Federal Almanya İş Güvenliği ve İş Hekimliği Kurumunun Değerlendirme Yöntemi (BAUA);

- ❖ Kaldırma, Tutma ve Taşıma İşlemlerinde
- ❖ Yük Çekme- İtme İşlemlerinde

ayrı ayrı risk değerlendirme yapılmaktadır. Yapılan işle ilgili 4 kriter incelenmekte ve tablolardan koşula uygun puanlar tespit edilmektedir. Kaldırma, tutma ve taşıma işlemlerinde risk değeri;

- ❖ yük önemliliği,
- ❖ yükün beden konumuna göre belirlenen konum ağırlığı ve

- ❖ çalışma ortam koşullarının (uygulama şartları)

aldığı değerler toplanarak zaman ağırlığı ile çarpılır ve risk faktörü değeri hesaplanır.

Zaman ağırlığında, öncelikle, işin kaldırma-yer değiştirme, tutma ya da taşıma işlerinden hangisi olduğuna karar vermek gerekmektedir. Örneğin koli içine ürün yerleştiriliyorsa, çuval istifleniyorsa, kaldırma-yer değiştirme, matkapla duvar deliniyorsa, taşlama makinası kullanılıyorsa tutma ve bir noktadan diğer noktaya eşya taşınıyorsa da taşıma kategorisine göre değerlendirme yapılır. Zaman ağırlığının belirlenmesinde kaldırma-yer değiştirmede günlük yapılan iş sayısı, tutmada bir günde işi yaparken tutma süresi ve taşımada işi yaparken yol alınan mesafe zaman ağırlığını belirlemektedir.

Yük önemliliği, tutma şekli ve uygulama şartları belirlenmektedir. Yük önemliliğinde işi yapan kişinin cinsiyeti önemlidir. Erkek ve kadın için yük önemliliği ayrı hesaplanır. İş esnasında aynı ağırlıktaki yükler kaldırılmıyorsa kaldırılan yüklerin ortalaması alınmalıdır. **Konum ağırlığını** belirlemek için yükün bedene göre konumu, gövdeden uzak ya da gövdeye yakın olması yükü alırken eğilmek veya uzanmak önemlidir. **Uygulama koşullarında** işin yapıldığı ortam önemlidir. Zemin, aydınlatma, tavan yüksekliği, yükün ağırlık merkezinin değişkenliği gibi durumlar etkilidir.

Risk faktörü değeri, Tablo 2’de verilen risk derecelendirme tablosuna göre değerlendirilir ve hangi risk bölgesinde olduğu bulunur (Babalık, 2016). Bu değerlendirme yönteminin temelini bedenine göre eğilme durumu, yükün büyüklüğü, süresi, tekrar sıklığı ve yana dönme veya eğilmenin olup olmadığına göre omurganın zorlanmasının arttığı bilgisi oluşturur.

Tablo 2
Risk Derecelendirme Tablosu

Risk Bölgesi	Risk Faktörü Değeri	Açıklama
1	<10	Düşük Yük; vücudun fazla yüklenmesi nedeniyle sağlığını kaybedilmesi olası değil.
2	10...25	Biraz Fazla Yük; Az yüklenen personel için vücudun fazla zorlanması olası. Böyle personel için iş düzenlemesinde iyileştirme anlamlı olur.
3	25...50	Epey Fazla Yük; Normal yüklenen kişiler için de vücudun fazla zorlanması olası. İş düzenlemesi iyileştirme yönüne gidilmeli.
4	> 50	Çok Fazla Yük; Vücudun fazla zorlanma yüklenme olasılığı çok yüksek. İş düzenlemesinde iyileştirme önlemleri almak şart

4. Uygulama

4.1. Üretim Süreci

Çalışmanın yapıldığı işletme 1947 yılında Türkiye’de ilk katı yakıtlı soba ve kuzune üretimini gerçekleştirmiştir. 2009 yılında Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi’nde bu günkü adıyla kurulmuş olup yaklaşık 30 beyaz ve 230 mavi yakalı personel çalışmaktadır. Tesislerinde son teknoloji makine ve ekipman, kalifiye işgücü ile döküm tencere ve tava, döküm ızgara, katı yakıtlı soba ve kuzine ile aksesuarları, elektrikli termosifon ve ısıtıcı, ankastre fırın ve ocak üretimleri yapılmaktadır.

İşletmenin soba atölyesinde katı yakıtlı soba üretimi yapılmaktadır. Atölyede hücresel yerleşim mevcuttur ve 4 hücreden oluşmaktadır. Soba üretiminde işlemler manuel gerçekleştirilmektedir. İşlemlerin manuel olması üretim hızını düşürmekte ve ergonomik koşullar uygun olmadığı için de verimlilik düşük olmaktadır.

Aynı türden çok tip ürün bulunmaktadır. Atölyede gün içerisinde belirli sayıda farklı tip sobalar üretilmektedir. Üretimde çalışanlar sabit bir işi yapmamakla birlikte işlemlerde düzensizlikler mevcuttur.

İşletmede, son kontrol ve paketleme ile hazırlanan ürünler için oluşturulmuş L şeklinde bir bant sistemi ve dördüncü hücrede yer alan manuel düz bir bant sistemi mevcuttur. Hücre 1’de Yuvarlak, Ultra ve 4 Köşe Şömine montajı yapılmaktadır (Şekil 1).

İşlemlerin tamamı mevcut bir hatta yapılmamakta, sobaların iç kısmı bir hatta oluşturulduktan sonra taşınarak kapakların montajı ve son işlemler için yer seviyesinde bulunan manuel düz bantta çalışanlar tarafından el ile montajlanmaktadır. Uygun, düzenli bir akış hattın bulunmaması çok fazla taşımalara ve verimsizliğe neden olmaktadır. Yer seviyesinde montajlama nedeniyle eğilme, çömelme, ağır yük kaldırma gibi uygunsuz pozisyonlara çok sık rastlanmaktadır.

İşletmenin soba montaj atölyesindeki gözlemler sonucunda, dört hücreden iş yükünün en fazla olduğu Hücre 1’de çalışma yapılması uygun bulunmuştur. Bu hücrede bir vardiyada 3 işçi çalışmaktadır. Bu çalışmada, Dört Köşe Şömine Soba montajı incelenmiş olup montaj için 36 işlem belirlenmiş, tüm işlemlerin süreleri (Tablo 3) ölçülmüştür.

Fırından çıkan soba gövdeleri montaj atölyesine taşınır. Gövde yaklaşık 35 kg ağırlığındadır. Tabla üzerinde gövdenin orta bölmesine alevkırın montajı yapılır. Gövde ters çevrilip indirilerek dip montajı gerçekleştirildikten sonra gövde yan yatırılarak ateş, küllük ve fırın kapak montajı gerçekleştirilir. Ateş tuğlaları montaj hattına yaklaşık 10 metre mesafeden 10 adetlik partiler halinde, üst döküm parçaları ise yaklaşık 6 metreden ikişerli parçalar halinde taşınmaktadır. Bu işlemlerden sonra gövdenin ağırlığı yaklaşık 65 kg olmaktadır. Dibe sunta eklenip iki çalışan tarafından

manuel bant taşınmaktadır. Fazla yüke maruz kalma ve tekrarlı taşımalar ve uygun olmayan pozisyonlar çalışanların sağlığına zarar vermektedir.



a. Görüntü



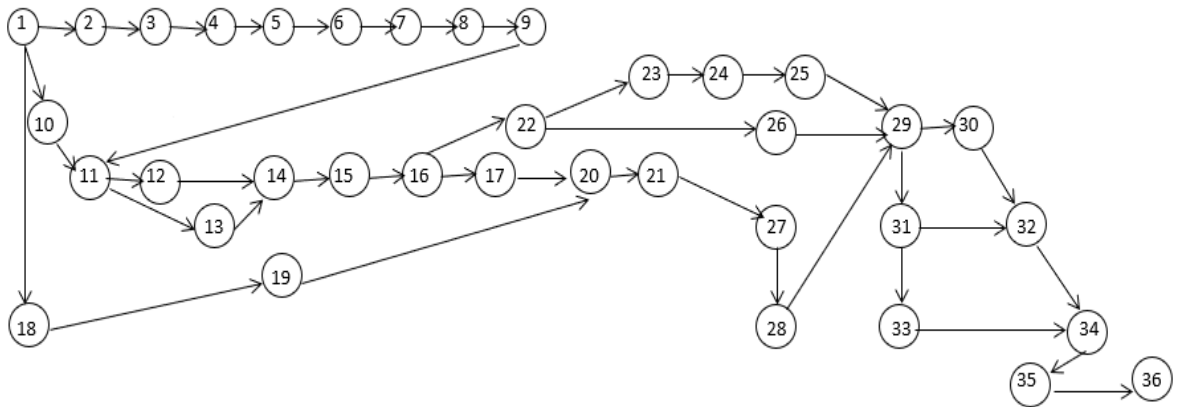
b. Manuel Bant

Şekil 1. Hücre 1

Taşımaların ve zorlanmaların yoğun olduğu bu hücre için montaj hattının düzenlenmesi, REBA ve BAUA yöntemleri ile risk değerlendirme yapılması uygun görülmüştür.

Tablo 3
Dört Köşe Şömine Soba İşlemleri

İstasyon No	İşlem No	İşlem Adı	Mevcut Süre	İyileştirme Sonrası Süre	Fark
1	1	Gövdeyi getirip tablaya yerleştirme	234,6	150	84,6
	2	Alevkırın alıp yerleştirme	65	43	22
	10	Ateş küllük ve fırın kapaklarını alma	56,4	23	33,4
	18	Döner ızgara ve teli alıp birbirine geçirme	16,2	12	4,2
	3	Alevkırın delme	72,3	67,2	5,1
	19	Döner ızgarayı orta bölmeğe yerleştirme	42,3	33,4	8,9
	4	Vida getirme ve alevkırın vidalama	110,8	100	10,8
	5	Gövdeyi ters çevirip indirme	23	14	9
2	6	Dip alıp yerleştirme	84,1	25	59,1
	7	Dip delme	15,8	12,2	3,6
	8	Vida getirme ve dibi vidalama	54,2	49,3	4,9
	9	Orta bölmeğe sepet ızgara yerleştirme	43,7	16	27,7
	11	Fırın kapağını alıp yerleştirme	107,7	83	24,7
	12	Ateş ve küllük kapaklarını yerleştirme	65	33,5	31,5
	13	Küllük kapağı vidalama	48	42	6
	14	Ateş kapağı vidalama	68	60	8
	15	Fırın kapağı vidalama	89,9	85	4,9
	16	Dibe sunta eklenip manuel banda yerleştirme	52,1	-	52,1
3	17	Çekme ızgarayı alıp orta bölmeğe yerleştirme	10	5	5
	20	İzgara düğmelerini alıp geçirme	32	28,4	3,6
	21	Tuğlayı yerden alıp orta bölmeğe yerleştirme	45,2	30,3	14,9
	22	Üst dökümü alıp gövdeğe yerleştirme	24,4	18	6,4
	23	Matkabı alıp üst dökümü delme	65,6	59,5	6,1
	24	Vida kutusuna uzanıp vida alma	21,4	18	3,4
	25	Üst dökümü vidalama	62	57,8	4,2
	26	Rondeleyi alıp üst döküme yerleştirme	20	18	2
	27	Vida kutusuna uzanıp vida alma	15,1	14	1,1
	28	Matkabı alıp ateş kapağı ile ateş tuğlasını sabitleme	25,2	22,2	3
	29	Hava tabancasını alma ve iç dış yüzeyi temizleme	35	33	2
	30	Tepsi alma ve üst bölmeğe yerleştirme	15,2	13,4	1,8
	31	Küllük alma ve alt bölmeğe yerleştirme	15	12,5	2,5
	32	Strafor getirme ve üst ve orta kapağa yapıştırma	48,4	47	1,4
	33	Klavuz ve maşa alıp üst ve orta bölmeğe yerleştirme	25,6	24	1,6
	34	Şilte getirme ve gövdeyi yapıştırma	64	60	4
	35	Kutuyu alma ve kutulama	36	28,4	7,6
	36	Şerit çıkarma ve bağlama	81	45	36



Şekil 2. Öncelik İlişki Diyagramı

4.2. Montaj Hattının Tasarımı

Hücre 1 için mevcut durum gözlenmiş ve işlemler için metod ve zaman etüdü çalışmaları yapılmıştır. Mevcut ve iyileştirilmiş işlemler arasındaki farkın ortaya konulması amacıyla Hücre 1'deki 36 işlemin standart süreleri tespit edilmiştir.

Bir soba montajı için yapılması gereken işlemler ve işlemlerin öncelik sırası göz önünde tutularak istasyonlar oluşturulmuştur. Taşımaların ve uygunsuz pozisyonların en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Hücre 1 ünitesinde, işçi kısıtı ve mevcut sistemdeki işlem süreleri ve öncelik ilişkileri (Şekil-2) dikkate alınarak, En Büyük Aday Yöntemi ile 3 istasyon belirlenmiştir (Tablo-3). Mevcut süreler dikkate alındığında, çevrim süreleri; 620,6 ; 628,5 ve 641,1 sn olup, hattın çevrim süresi 641,1 sn (10,685 dk) (0,18 saat) olmaktadır.

Montaj bandının ebatları tespiti amacıyla montaj atölyesinde çalışan 9 erkek işçiden antropometrik ölçüler alınmış (Tablo 4) ve dirsek yüksekliği (110,1 cm), omuz uzunluğu (46 cm) ve kol uzunluğu (71 cm) elde edilmiştir. Montaj hattının ölçüleri, montajı yapılan soba boyutları göz önünde bulundurularak; bandın uzunluğu 6 m, yüksekliği 60 cm, genişliği 72 cm ve basamakların yerden yüksekliği 30 cm olması uygun görülmüştür.

Tablo 4
Antropometrik Ölçüler (cm)

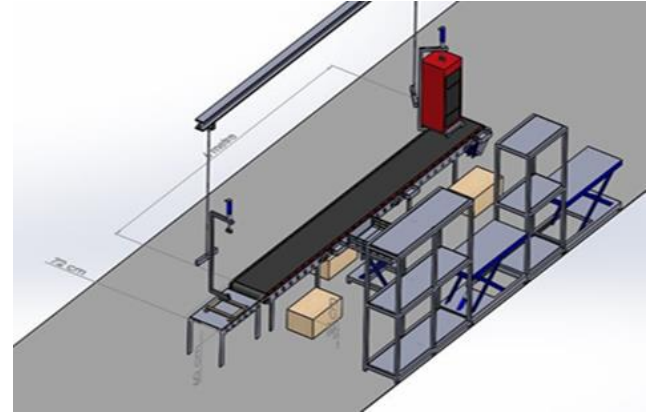
No	Dirsek Yüksekliği	Omuz Genişliği	Kol Uzunluğu
1	108	45	70
2	113	46	71
3	114	46	74
4	106	48	72
5	113	47	71
6	107	46	67
7	109	41	67
8	109	48	68
9	112	47	79
Ortalama	110,1	46	71

Tasarlanan bant sistemine ek olarak, çalışanların yük kaldırma indirme işlemlerine maruz kalmamaları için çelik vinç sistemi, ağır döküm parçalar için, hareketli piston sayesinde üzerinden belli ağırlıkta parça alındığında yükselip alçalan raf sistemi tasarlanmıştır. Sistem eğilme hareketini engelleyerek işçi sağlığını korumaktadır.

Tuğlaların tabandan yığılmasını önleyecek kafes ve ağırlık azaldıkça yükselecek piston sistemi tasarımıyla çalışanların fiziksel zorlanmaları azaltılmıştır. Her

istasyonun önüne civata kutusu ve matkap konumlandırıcı tasarlanarak iş kolaylığı sağlanmıştır. Tasarlanan sistemler sayesinde ergonomik şartlar iyileştirilmiştir. Tasarlanan montaj hattının SolidWorks programıyla çizimi Şekil 3'de verilmiştir.

Montaj hattının işletimi ve izleyen başlıkta belirtilen iyileştirme faaliyetlerinin yeri getirilmesi halinde bazı işlemlerin sürelerinde de azalmalar sağlanmış ve tahmin edilen işlem süreleri ile işlem süresinde azalma Tablo-3'deki son iki sütununda verilmiştir. Açıkça görülmektedir ki toplam işlem süresi 1890,2 saniyeden 1383,1 saniyeye düşmekte ve bir ürün başına 507,1 saniye tasarruf sağlanmaktadır. Böylece hattın çevrim süresi ~0,18 saatten ~0,15 saate düşmektedir.



Şekil 3. Tasarlanan Montaj Hattı

4.3. İyileştirme Önerileri

Montaj hattında 3 iş istasyonu tesbit edilmiş olup her 3 istasyonda verimliliği ve riski azaltıcı iyileştirmeler geliştirilmiştir.

4.3.1. İstasyon 1

İşlemlerin öncelik sıraları ve süreleri dikkate alınarak istasyona atama yapılmıştır. İşlemler gövdeyi tablaya yerleştirme işlemi ile başlayıp gövdeyi ters çevirip indirme işlemi ile sona ermektedir (Tablo-5.a). Gerçekleştirilen işlemler için REBA ve BAUA risk değerleri tesbit edilmiş olup mevcut ve iyileştirme sonucu REBA ve BAUA değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

İstasyon 1'deki 8 adet işlemden 6 adetinde iyileştirme sağlanmış olup bunlardan REBA risk değeri yüksek olan iki işlem detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Tablo 5
İstasyon 1'deki REBA ve BAUA Değerleri

İşlem No	İşlem Adı	Mevcut	İyileştirilmiş	Fark
1	Gövdeyi getirip tablaya yerleştirme	10	-	10
2	Alevkırın alıp yerleştirme	11	4	7
10	Ateş küllük ve fırın kapaklarını alma	10	3	7
18	Döner ızgara ve teli alıp birbirine geçirme	5	1	4
3	Alevkırın delme	5	5	-
19	Döner ızgarayı orta bölmeye yerleştirme	7	2	5
4	Vida getirme ve alevkırın vidalama	2	2	-
5	Gövdeyi ters çevirip indirme	12	-	12
TOPLAM		62	17	45

a. REBA Değerleri

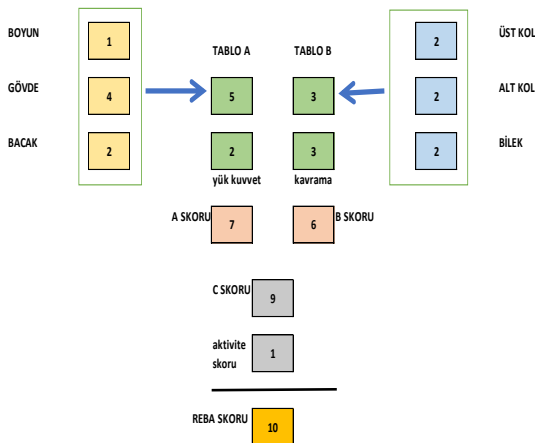
İşlem	Yöntem	Zaman Ağırlığı	Yük Önemliliği	Konum	Uygulama Koşulları	Değerlendirme	Risk Bölgesi	Açıklama
1. Gövdeyi getirip tablaya yerleştirme	Mevcut Beklenen	2	7	4	1	$(7+4+1)*2=24$	2	Biraz fazla yük Düşük yük
10. Ateş küllük ve fırın kapaklarını alma	Mevcut Beklenen	4	1	4	1	$(1+4+1)*4=24$	2	Biraz fazla yük Düşük yük
18. Döner ızgara ve teli alıp birbirine geçirme	Mevcut Beklenen	1	1	8	2	$(1+8+2)*1=11$	2	Biraz fazla yük Düşük yük
5. Gövdeyi ters çevirip indirme	Mevcut Beklenen	2	4	8	2	$(4+8+2)*2=28$	3	Epey fazla yük Düşük yük

b. BAUA Değerleri

Gövdeyi getirip tablaya yerleştirme

İşçiler yaklaşık 35 kg ağırlığındaki soba gövdesini eğilerek kaldırmaktadır. Bu işlem çalışanların kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır.

REBA gözlem formu doldurulmuş ve mevcut durumda risk skoru 10 olarak bulunmuştur (Şekil-4). Risk seviyesi yüksek ve kısa zaman içinde önlem gerekli sonucuna varılmaktadır (Bakınız Tablo 1).



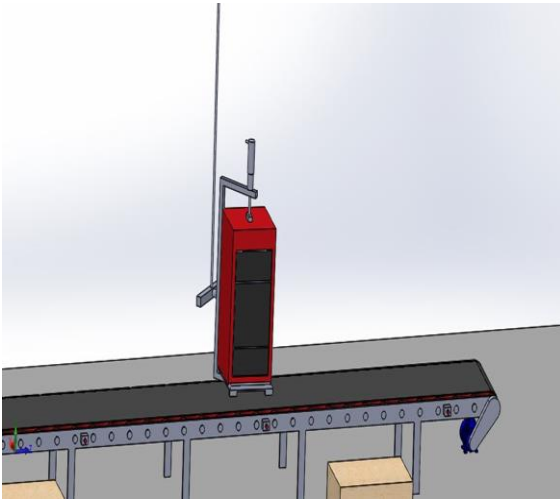
Şekil 4. Gövdeyi Tablaya Yerleştirme İşlemi REBA Skoru

Çalışanların yük kaldırmaya maruz kalmamaları için gövdenin bant üzerine otomatik bir sistemle aktarılmasını sağlayan birinci pistonlu vinç sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin SolidWorks programıyla çizimi Şekil 5'de gösterilmiştir.

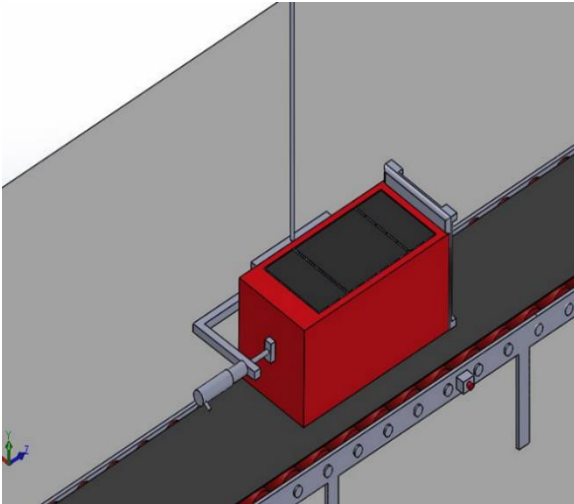
Tasarlanan pistonlu vinç sistemi ile işçi sağlığı dikkate alınmış ve ergonomik koşullar iyileştirilmiştir. İyileştirme sonrası REBA skoru sıfıra düşmüş, böylelikle risk ortadan kalkmıştır.

- Bir vardiyada mevcut durumda 17 adet soba üretilmektedir. İşlem için zaman ağırlığı 2
- Ortalama 35 kg gövde ağırlığı olduğu için yük önemliliği 7
- Gövdeyi alırken aşağı eğilme hareketi sonucu konum ağırlığı 4
- Uygulama koşulları 1

olup BAUA skoru 24 ve risk bölgesi 2 (Biraz Fazla Yük) olarak bulunmuştur. İyileştirme sonrasında üretim 53 adet/gün ve risk bölgesinin 1 olması beklenmektedir. Mevcut durumda biraz fazla yük söz konusu iken iyileştirme sonrasında düşük yük olmaktadır.



a. Soba Gövdesini Kaldırma



b. Sobayı Yan Yatırma

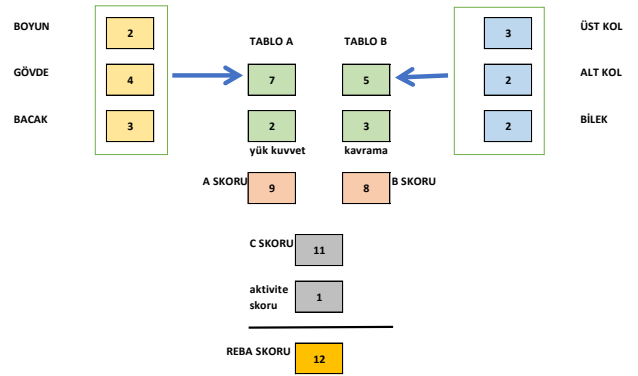
Şekil 5. Birinci Pistonlu Vinç Sistemi

Gövdeyi ters çevirip indirme

Alevkırın ve döner ızgara yerleştirildikten sonra yaklaşık 48 kg ağırlığındaki gövde iki işçi tarafından kaldırılarak ters çevirme işlemi gerçekleştirilir. Bu durum işçilerde kol ve bel ağrılarına neden olmaktadır. Mevcut durum için REBA risk skoru 12 olarak bulunmuş (Şekil-6), risk seviyesi çok yüksek ve hemen önlem gerekli sonucuna varılmaktadır (Bakınız Tablo 1).

Gerçekleştirilen işlemlerde çalışanların ağırlık kaldırmaya maruz kalmamaları için gövdenin bant üzerinde ters-yüz edilmesi ve kapaklarının takılması için yan yatırılması gerekmektedir. Bu işlemleri tasarlanan birinci pistonlu vinç sistemi gerçekleştirecektir. İyileştirme önerisi sonucunda bu

işlemler vinç tarafından yapılacağı için REBA skoru 0' a düşmüş, böylelikle risk ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 6. Gövdeyi Ters Çevirip İndirme İşlemi REBA Skoru

Bir vardiyada mevcut durumda 17 adet soba üretilmektedir, zaman ağırlığı 2; kişi başı yaklaşık 24 kg gövde ağırlığı olduğu için yük önemliliği 4, gövdeyi alırken öne doğru fazla eğilirken aynı zamanda gövdenin üst kısmının döndürülmesi sonucu konum 8 olup BAUA için risk bölgesi 3 (Epey Fazla Yük) olarak bulunmuştur. İyileştirme sonrasında risk bölgesinin 1 olması beklenmektedir. Mevcut durumda epey fazla yük durumu söz konusu iken iyileştirme sonrasında düşük yük beklenmektedir.

4.3.2. İstasyon 2

İstasyon 2'deki işlemler için mevcut ve iyileştirme sonucu REBA değerleri ve iyileştirilmiş işlemler için BAUA değeri Tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6

İstasyon 2'de işlemler için REBA ve BAUA değerleri

İşlem No	İşlem Adı	Mevcut	İyileştirilmiş	Fark
6	Dip alıp yerleştirme	9	3	6
7	Dip delme	4	4	-
8	Vida getirme ve dibi vidalama	2	2	-
9	Orta bölmeye sepet ızgara yerleştirme	4	4	-
11	Fırın kapağını alıp yerleştirme	7	3	4
12	Ateş ve küllük kapaklarını yerleştirme	5	5	-
13	Küllük kapağı vidalama	3	3	-
14	Ateş kapağı vidalama	3	3	-
15	Fırın kapağı vidalama	3	3	-
16	Dibe sunta eklenip manuel banda yerleştirme	11	-	11
TOPLAM		51	30	21

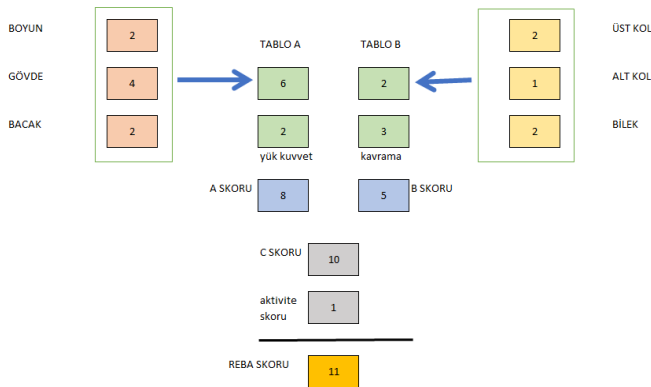
a. REBA Değerleri

İşlem	Yöntem	Zaman Ağırlığı	Yük Önemliliği	Konum	Uygulama Koşulları	Değerlendirme	Risk Bölgesi	Açıklama
6. Dip alıp yerleştirme	Mevcut	2	1	4	1	$(1+4+1)*2=12$	2	Biraz fazla yük
	Beklenen	4	1	1	0	$(1+1+0)*4=8$	1	Düşük yük
15. Fırın kapağı vidalama	Mevcut	4	1	2	1	$(1+2+1)*4=16$	2	Biraz fazla yük
	Beklenen	4	1	1	0	$(1+1+0)*4=8$	1	Düşük yük
16. Dibe sunta ekleyip manuel banda yerleştirme	Mevcut	2	25	2	2	$(2+25+2)*2=58$	4	Çok fazla yük
	Beklenen	-	-	-	-	-	1	Düşük yük

b. BAUA Değerleri

Dibe sunta ekleyip manuel banda yerleştirme

Mevcut durum için REBA risk skoru 11 olarak bulunmuştur (Şekil-7). Risk seviyesi çok yüksek düzey ve hemen önlem gerekli sonucuna varılmaktadır.



Şekil 7. Dibe Sunta Ekleyip Manuel Banda Yerleştirme İşlemi REBA Skoru

Hat için tasarlanan bant ve ikinci pistonlu vinç sayesinde bu işlem ortadan kaldırılmış ve REBA skoru 0'a düşmüştür. Böylece çalışanların ağırlık kaldırma ve fiziksel zorlanmaları ortadan kalkmıştır.

BAUA ;

- ❖ Bir vardiyada 17 adet soba üretildiği için zaman ağırlığı 2
- ❖ Kişi başı yaklaşık 41 kg gövde ağırlığı olduğu için yük önemliliği 25
- ❖ Gövdeyi alırken öne doğru hafif eğilme sonucu konum 2

olup risk skoru 58, risk bölgesi 4 olarak bulunmuştur. Tasarım ile iyileştirme sonucu risk değeri 1 beklenmektedir.

4.3.3. İstasyon 3

İstasyon 3'deki tüm işlemler için mevcut ve iyileştirme sonucu REBA değerleri ve iyileştirilmiş işlemler için BAUA değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

İstasyon 3'de 18 adet işlemde REBA değerleri dikkate alındığında 8 adetinde iyileştirme sağlanmış olup bunlardan REBA risk değeri yüksek olan üç işlem detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Tablo 7

İstasyon 3'deki İşlemler için REBA Değerleri

İşlem No	İşlem Adı	Mevcut	İyileştirilmiş	Fark
17	Çekme ızgarayı alıp orta bölmeye yerleştirme	8	1	7
20	Izgara düğmelerini alıp geçirme	6	3	3
21	Tuğlayı yerden alıp orta bölmeye yerleştirme	5	2	3
22	Üst dökümü alıp gövdeye yerleştirme	4	4	-
23	Matkabı alıp üst dökümü delme	7	2	5
24	Vida kutusuna uzanıp vida alma	9	4	5
25	Üst dökümü vidalama	3	3	-
26	Rondeleyi alıp üst döküme yerleştirme	3	3	-
27	Vida kutusuna uzanıp vida alma	4	4	-
28	Matkabı alıp ateş kapağı ile ateş tuğlasını sabitleme	4	4	-
29	Hava tabancasını alma ve iç dış yüzeyi temizleme	4	2	2
30	Tepsi alma ve üst bölmeye yerleştirme	2	2	-
31	Küllük alma ve alt bölmeye yerleştirme	5	3	2
32	Strafor getirme ve üst ve orta kapağa yapıştırma	4	4	-
33	Klavuz ve maşa alıp üst ve orta bölmeye yerleştirme	2	2	-
34	Şilte getirme ve gövdeyi yapıştırma	5	5	-
35	Kutuyu alma ve kutulama	2	1	1
36	Şerit çıkarma ve bağlama	10	3	7
TOPLAM		87	52	35

a. REBA Değerleri

İşlem	Yöntem	Zaman		Yük		Uygulama		Risk	Açıklama
		Ağırlığı	Önemliliği	Konum	Koşulları	Değerlendirme	Bölgesi		
21. Tuğlayı yerden alıp orta bölmeye yerleştirme	Mevcut	4	1	8	2	(1+8+2)*4=44	3	Epey fazla yük	
	Beklenen	6	1	1	0	(1+1+0)*6=12	2	Biraz fazla yük	
35. Kutuyu alma ve kutulama	Mevcut	2	1	2	1	(1+2+1)*2=8	1	Düşük yük	
	Beklenen	4	1	1	0	(1+1+0)*4=8	1	Düşük yük	
36. Şerit çıkarma ve bağlama	Mevcut	2	1	8	1	(1+8+1)*2=20	2	Biraz fazla yük	
	Beklenen	4	1	1	0	(1+1+0)*4=8	1	Düşük yük	

b. BAUA Değerleri

Tuğlayı yerden alıp orta bölmeye yerleştirme

Mevcut durumda tuğlalar yaklaşık 10 metre mesafeden taşınmaktadır. İşçiler sık olarak eğilme hareketine maruz kalmaktadırlar. Mevcut durum için REBA formu doldurulmuş ve risk skoru 9 olarak bulunmuştur (Şekil-8a). Risk seviyesi yüksek düzey ve kısa zaman içinde önlem gerekli sonucuna varılmaktadır (Bakınız Tablo 1).

Tuğlaların tabandan yığılmasını önleyecek kafes ve ağırlık azaldıkça yükselecek piston sistemi ile çalışanın eğilme hareketi iyileştirilmiştir. Sehpa ilgili istasyonda çalışan işçinin yanına konumlandırılarak taşımalar azaltılmış ve çömelme hareketi ortadan kaldırılmıştır. Mevcut durum ve tasarlanan pistonlu sehpa sistemi Şekil 9'da verilmiştir.

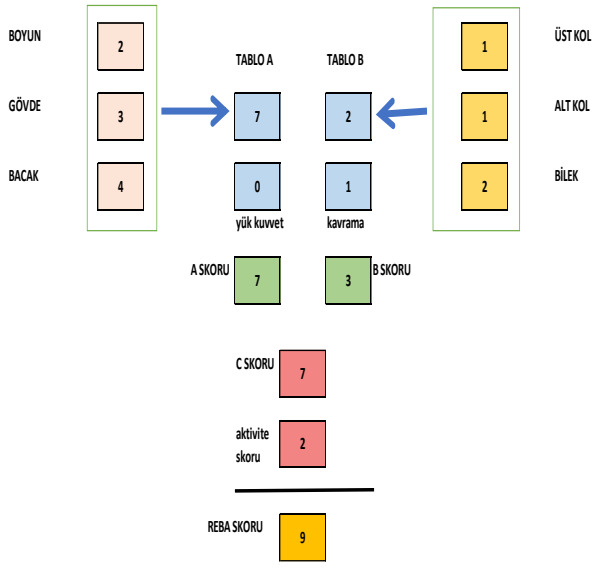
İyileştirme önerisi sonucunda işlemi kolaylaştıracak pistonlu sehpa kullanılması ile REBA skoru 4'e

düşmüştür. Böylece risk seviyesi orta düzeye düşürülmüş ve önlem gerekli sonucuna varılmıştır.

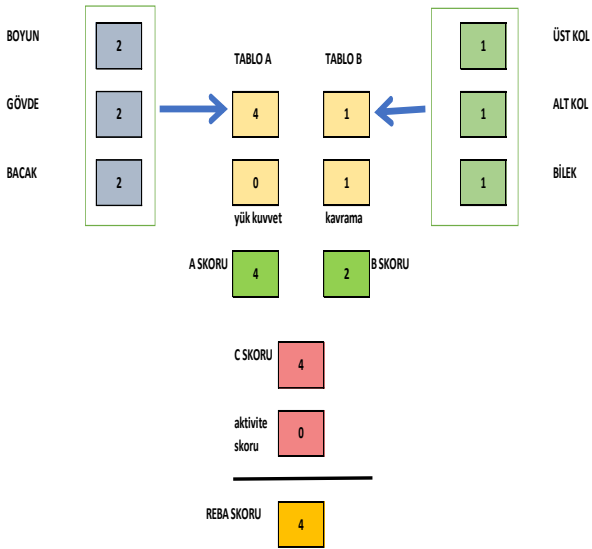
BAUA;

- ❖ Bir vardiyada mevcut durumda 17 soba üretilmekte ve bir soba için 6 adet kullanılmaktadır. Bir günde $6*17=102$ adet/gün tuğlayı yerden alıp orta bölmeye yerleştirme işlemi için zaman ağırlığı 4
- ❖ Ortalama 2 kg tuğla ağırlığı olduğu için yük önemliliği 1,
- ❖ Dizlerin üzerine çökme hareketi sonucu konum 8

olup için risk bölgesi 3 olarak bulunmuştur. İyileştirme sonrasında $6*53=318$ adet/gün tuğla yerleştirme işlemi yapılmakta ve risk bölgesinin 2 olmaktadır. Mevcut durumda epey fazla yük durumu söz konusu iken iyileştirme sonrasında biraz fazla yük beklenmektedir.



a. Mevcut

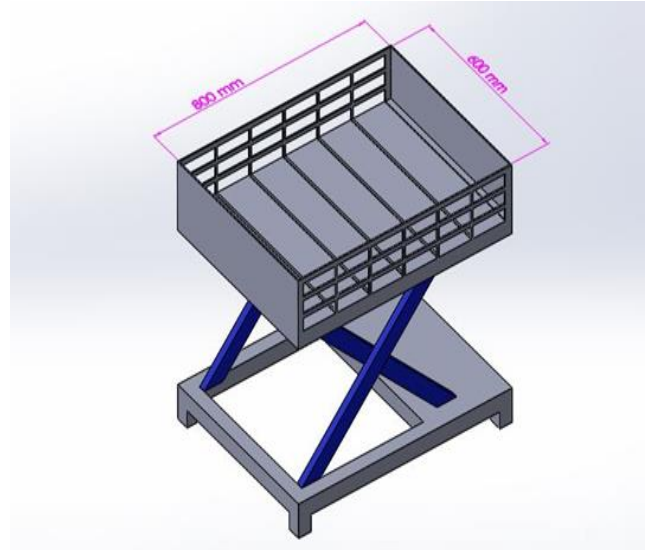


b. İyileştirme Sonrası

Şekil 8. Tuğlayı Yerden Alıp Orta Bölmeye Yerleştirme İşlemi REBA Skoru



a. Mevcut Durum

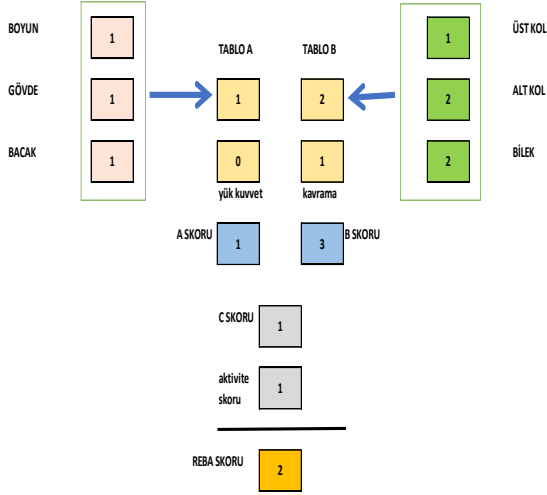


b. Tasarlanan Pistonlu Sehpa

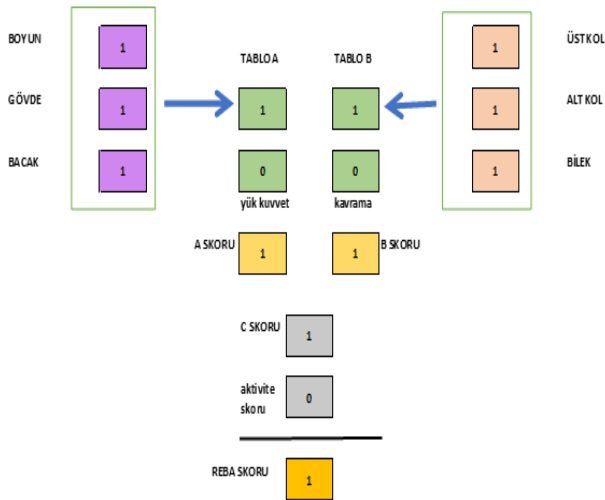
Şekil 9. Tuğlayı Yerden Alıp Orta Bölmeye Yerleştirme İşlemi

Kutu alma ve kutulama

REBA risk skoru 2 olarak bulunmuştur (Şekil-10a). Risk seviyesi düşük ve önlem gerekli olabilir sonucuna varılmaktadır.



a. Mevcut Durum



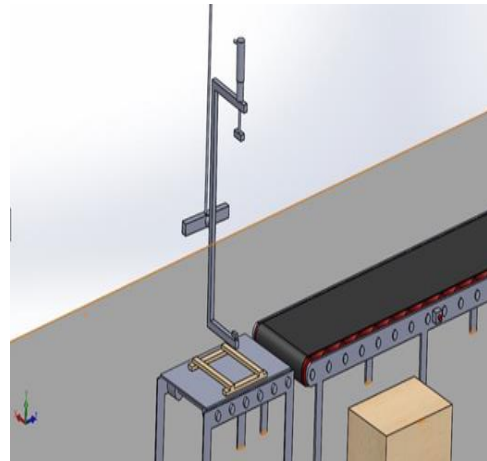
b. İyileştirme Sonrası

Şekil 10. Kutu Alma ve Kutulama İşlemi için REBA Değerleri

İkinci pistonlu vinç soba paketlendikten sonra indirme işlemini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Bu sistem sayesinde yük taşınmasında insan gücüne gerek kalmayacaktır (Şekil-11).



a. Mevcut Durum



b. Tasarlanan Sistem

Şekil 11. İkinci Pistonlu Vinç Sistemi

İyileştirme önerisi sonucunda işlemi kolaylaştıracak ikinci pistonlu vinç kullanılması ile REBA skoru 1' e düşmüştür. Böylece risk seviyesi ihmal edilebilir olarak belirlenmiş ve önlem gerekli değil sonucuna varılmıştır.

BAUA;

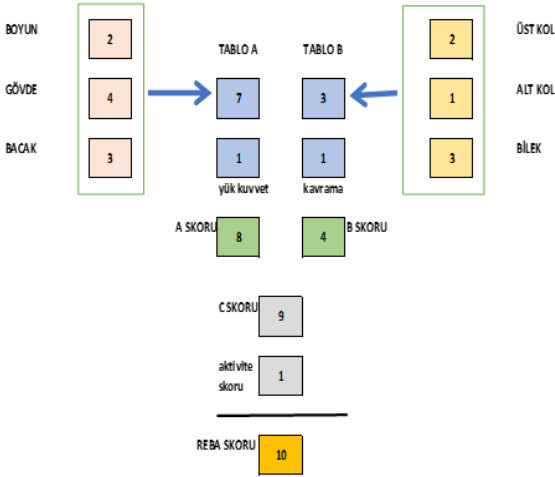
- Bir vardiyada 17 soba üretildiği için zaman ağırlığı 2
- Kutu ağırlığı önemsiz olduğu için yük önemliliği 1
- Çok hafif eğilme olduğu için konum 2

olup risk bölgesi 1'dir. Beklenen durumda üretim sayısı 53 adet/gün olduğu için zaman ağırlığı 4 olup iyileştirme sonrasında risk bölgesi değeri 1 kalmıştır.

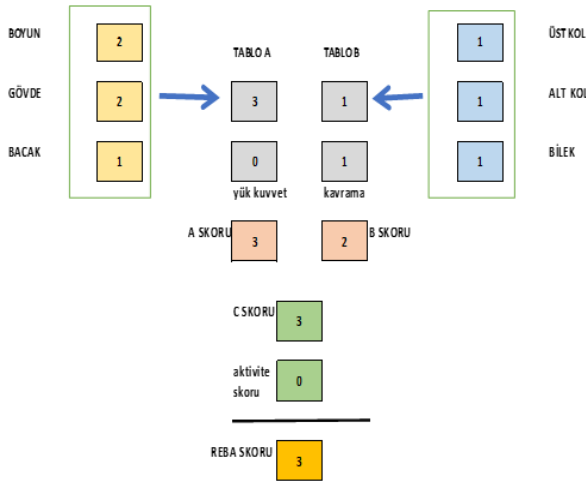
Mevcut durumdaki düşük yük durumu iyileştirme sonrasında değişmemiştir.

Şerit çıkarma ve bağlama

REBA risk skoru 10 olarak bulunmuştur (Şekil-12.a). Risk seviyesi yüksek düzey ve kısa zaman içinde önlem gerekli sonucuna varılmaktadır.



a. Mevcut Durum



b. İyileştirme Sonrası

Şekil 12. Şerit Çıkarma ve Bağlama İşlemi için REBA Değerleri

İkinci pistonlu vinç sisteminin bulunduğu hattın üzerine soba paketlenirken sonra şerit çıkarma ve bağlama işlemini gerçekleştirmek için sistem tasarlanmıştır (Şekil-13). Bu sistem sayesinde çalışanların ergonomik koşulları iyileştirilmiştir.



a. Mevcut Durum



b. Tasarlanan Sistem

Şekil 13. Şerit Çıkarma ve Bağlama Sistemi

İyileştirme önerisi sonucunda işlemi kolaylaştıracak şerit çıkarma ve bağlama sistemi ile REBA skoru 3'e düşmüştür. Böylece risk seviyesi düşük olarak belirlenmiş ve önlem gerekli olabilir sonucuna varılmıştır.

Şerit çıkarma ve bağlama işleminde mevcut durum için zaman ağırlığı 2, kutu ağırlığı önemsiz olduğu için yük önemliliği 1, eğilme sık olduğu için konum 8 olup BAUA için risk bölgesi 2 olarak bulunmuştur. İyileştirme sonrasında üretim sayısı 53 adet/gün olduğu için zaman ağırlığı 4, çok hafif eğilme olduğu için konum 1 olarak belirlenmiş olup risk bölgesi 1 olur. Mevcut durumdaki biraz fazla yük durumu iyileştirme sonrasında düşük yük olarak belirlenmiştir.

4.4. Ekonomik Analiz

Tasarlanan montaj bandının uygulamaya geçilmesi halinde katlanılması gereken yatırım tutarı, işçilik ve diğer maliyetler belirlenmiş olup mevcut maliyet ile karşılaştırılarak elde edilen tasarruf tesbit edilecektir.

- Bir günde 8 saat ve haftada 45 saat çalışılmaktadır. Bir yılda 6 ay boyunca gerçekleştirilen soba montaj işlemleri için harcanan işçilik saati 1.160 saat/yıldır.
- Mevcut durumda bir günde 17 adet soba montajı yapılabildiğinden, bir soba montajı için gerekli süre 0,47 sa/br, hat tasarımı iyileştirmesi sonrasında beklenen süre (çevrim süresi) 0,15 sa/br'dir. Mevcut durumda yıllık üretim miktarı 2.468 adet, iyileştirme sonrasında sonra beklenen üretim miktarı 7.733 adettir.

Ekonomik analiz çalışması iyileştirme sonrası göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir.

Yatırım tutarı için belirlenen maliyet kalemleri;

Teçhizat	Birim Tutar	Adet	Toplam
Konveyör (6 metre zincir tahrikli motor dâhil)	2.000 \$	1	2.000 \$
İstif tezgâhları	500 \$	3	1.500 \$
Pnömatik piston	250 TL	2	500 TL
Askı vinç	300 TL	2	600 TL
Kaldırma Kolu	500 TL	2	1.000 TL
Çelik dolap	1.000 TL	3	3.000 TL
TOPLAM (1\$=6 TL)			26.100 TL

İşletim giderleri;

- ❖ Bantta üç adet yaklaşık 100'er kg sobaları taşıyabilecek ve hareket ettirebilecek kapasitedeki tahrikli motor gücü 7 kw/sa'tir ve 1 kw elektrik vergiler dâhil fiyatı 0,47 TL dir. Bir saatte 3,29 TL birim başına 0,50 TL/br elektrik gideri oluşur.
- ❖ İşçinin bir aylık giydirilmiş maliyeti 2.900 TL, bir saatlik ~15 TL ve birim ürün başına da 2,25 TL etmektedir.

Ekonomik analizde, bir yatırım harcamasının yıllık payı;

A_y: Yıllık maliyet

i: Yatırımdan beklenen faiz

f: Enflasyon oranı

n: Ekonomik ömür

P_y: Yatırım tutarı

olmak üzere

$$P_y = A_y * \left[\frac{(1+i)^n - (1+f)^n}{i-f} \right] * (1+i)^{-n} \quad (1)$$

ile elde edilir (Kahya, 2017).

- Yatırım tutarı : 26.100 TL
- Enflasyon oranı : %12,
- Yatırımdan beklenen faiz : %15,
- Ekonomik ömür : 12 yıl

için A_y=4.380 TL ve birim mamül için yatırım payı 0,68 TL olur. Böylece toplam birim maliyet, 3,43 (0,68 + 0,50 + 2,25) TL elde edilir.

Tasarlanan montaj hattı kullanılarak bir adet soba montajı gerçekleştirmek için (hammadde ve yarı mamul temini hariç) maliyet 3,43 TL'dir.

Tasarrufu belirlemek için tasarım sistemdeki kazanımları belirlemek gerekmektedir. En büyük kazanım çalışan sağlığının korunmasıdır, çalışan ergonomik koşullarda çalıştığında daha yüksek verimlilik sağlanır, sağlık problemlerinden kaynaklı sorunların ortadan kalkar.

Montaj atölyesinde belirli bir istasyon sistemi olmadığı için soba montajı 0,47 sa/br sürmekte ve günde yaklaşık 17 adet soba montajı gerçekleştirilmektedir.

Yapılan sistem sayesinde 3 istasyon oluşturulmuş, çevrim süresi 0,15 saat olarak belirlenmiş ve günlük soba montajı yaklaşık 53 adede yükselmiştir. Süre tasarrufu: 0,32 sa/br'dir. Mevcut durumda işçilik maliyeti 7,05 TL/br, iyileştirilmiş durumda beklenen işçilik maliyeti 2,25 TL/br olarak bulunmuştur. İşçilik maliyetinden oluşan tasarruf 4,80 TL/br'dir. Yeni sistemin birim maliyeti 3,43 TL olduğundan, **birim ürün başına tasarruf 3,62 TL** olup, tasarlanan sistemin uygulamaya geçirilmesi daha ekonomik görülmektedir.

5. Sonuç ve Tartışma

Katı yakıtlı soba üretim sektörü, emek yoğun sektörler arasında yer almaktadır. Fiziksel zorlanmaların yoğun olduğu bir sektör olup çalışanlar aşırı yüklenmelere maruz kalmakta, bu nedenle kas iskelet sistemi rahatsızlıkları meydana gelmektedir. Bu çalışmada, çalışan duruşlarını analiz etmek için REBA ve BAUA yöntemleri ile katı yakıtlı soba üreten bir fabrikanın soba montaj atölyesinde 3 istasyon için ergonomik risk değerlendirmeleri yapılmıştır.

İstasyon 1 için; 8 işlemde REBA risk skoru yüksek olan 3 işlem için mevcut risk skorları 10, 11 ve 12 olmak üzere, toplamda 33 iken, tasarlanan hat ve birinci pistonlu vinç sayesinde REBA skorları 0, 4 ve 0 olmakta ve 29 skorluk bir iyileşme sağlanmaktadır. İstasyon 2 için; 10 işlem içinden risk skoru yüksek olan dip alıp

yerleştirme, fırın kapağını alıp yerleştirme ve dibe sunta ekleyip manuel banda yerleştirme işlemleri için toplam REBA skoru 27 iken ağır döküm parçalar için yükselip alçalabilen raf tasarımı ile 6'a düşmekte ve 21 skorluk iyileşme sağlanmaktadır. İstasyon 3 için;18 işlemden REBA skoru yüksek olan 8 işlem için mevcut risk değerleri toplamda 50 iken tasarlanan pistonlu sehpa ve pistonlu vinç sistemi sayesinde 18'e düşmekte ve 32 skorluk iyileşme sağlanmaktadır. Üç istasyonda da risk skorları kabul edilebilir seviyeye düşmektedir.

BAUA yöntemi ile yapılan analizlerde;

- İstasyon 1 için 4 işlemde risk bölgesi 2 (biraz fazla yük) veya 3 (epey fazla yük) düzeyden 1 (düşük) düzeye;
- İstasyon 2 için 3 işlemde risk bölgesi 2 (biraz fazla yük) veya 4 (çok fazla yük) düzeyden 1 (düşük) düzeye;
- İstasyon 3 için 3 işlemde risk bölgesi 3 (epey fazla yük) veya 2 (biraz fazla yük) düzeyden 2 (biraz fazla yük) veya 1 (düşük) düzeye

çekilebilmiştir.

REBA risk değerlendirmesinde, boyun, gövde, bacak, kol (alt ve üst kol) ve bilek analizleri, kısmen işçinin boy ölçüsüne bağlıdır. Daha açık bir ifade ile, bu analizler işçinin kısa veya uzun boylu olmasına bağlı olarak kısmen farklılık gösterir. Zira, eğilme, kaldırma açıları işçinin uzuv ölçülerine bağlıdır. Aşırı uç boya sahip işçiler çalışmadığı sürece önemli bir farklılık beklenmemektedir.

Metal, ormancılık, mobilya sektörlerinde, özellikle ağır parçaların çalışıldığı bazı işlemlerde yüksek risk skorları ile karşılaşmıştır. Metal sektöründe yapılan çalışmalarda, REBA skoru; Sağıroğlu ve diğ. (2015) buzdolabı parçalarının üretiminde 6-7, Gönen ve diğ. (2017) transformator montaj hattında 9, Atıcı ve diğ. (2015) kablo döşeme işleminde 8 elde etmişlerdir. Ormancılık sektöründe, Ünver Okan ve Kaya (2015) repikaj işlerinde REBA skoru 7, Enez ve Nalbantoğlu (2015) üretim işleri (ağacın devrilmesi, dallardan temizlenmesi, belirli çapın altında kalan uç kısmının alınması, ibreli ağaçlar için kabukların soyulması ve tomruklanarak sınıflandırılması işlemleri) için en fazla REBA skoru 4-7 arasında tesbit edilmiştir. Mobilya sektöründe, Ülker ve Burdurlu (2012) BAUA hesaplamasına göre mobilya atölyesinde çalışanın sağlığını tehdit edecek derece yüklenme olduğu tespit edilmiştir. Polat ve diğ. (2017), Denizli ilinde faaliyet gösteren büyük ölçekli bir mobilya firmasındaki dört farklı bölümde otuz iki farklı operatör üzerinde REBA yöntemi kullanılarak tespit edilen risk değerlendirilmeleri sonucunda, çalışma duruşlarının %2'si düşük seviyede risk içerirken, %38'i orta düzey risk ve geri kalan yaklaşık %60 yüksek ve çok yüksek risk seviyesi (REBA skoru 8 ve üzeri) içerdiği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada ise kalıptan çıkarma için 7 ve

yarımamülü transfer arabasından alma iş elemanları için 8 elde edilmiştir. Açıkça görülmektedir ki metal sektörü, fiziksel zorlanmanın yüksek olduğu sektörlerden biridir.

Montaj hattının işletimi ve iyileştirme faaliyetlerinin yeri getirilmesi halinde bazı işlemlerin sürelerinde de azalmalar sağlanmıştır. Toplam işlem süresi 1890,2 saniyeden 1383,1 saniyeye düşmekte ve bir ürün başına 507,1 saniye tasarruf sağlanmaktadır. Böylece hattın çevrim süresi ~0,18 saatten ~0,15 saate düşmektedir. Mevcut sistemde yıllık üretim miktarı 2.468 birim olurken hattın kurulması ve iyileştirme çalışmaları ile üretim miktarı 7.733 birime yükselmektedir. İyileştirme önerileri, büyük ölçekli bir işletme için, oldukça düşük sayılabilecek tutarda (26.100 TL) bir yatırım harcaması gerektirmektedir. Yapılan ekonomik analizde ise, mevcut sistemde birim maliyet 7,05 TL iken 3,43 TL'e düşmektedir. İlaveten, ergonomik risk düzeyinin düşürülmesi ile birlikte işçilerin kas iskelet sistemi hastalıklarına maruz kalması büyük ölçüde azaltılmış olmaktadır.

İşletmede benzer zorluk derecesinde başka işlemler de bulunmaktadır. Fiziksel zorlanmayı azaltacak ergonomik iyileştirme çalışmalarını genişletilerek muhtemel risk düzeylerinin önemli düzeyde azalması ile çalışanların sağlıklarının korunması sağlanabilecektir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

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 : <http://www.mmfdergi.gazi.edu.tr/article/view/1061000880>
- Akay, D. & Toksari, M. D. (2009). Ant colony optimization approach for classification of occupational low back disorder risks. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 19 (1), 1-14. doi : <https://doi.org/10.1002/hfm.20134>
- Apaydın, U., Erol, E., Koçyiğit M.F. ve Elbaban, B. (2016). Öğretmenlerde bel ağrısı ile ilişkili faktörlerin belirlenmesi, *Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation*, 27(2), 42-47. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/tjpr/article/272968>
- Atıcı, H., Gönen, D. ve Oral, A., (2015). Çalışanlarda zorlanmaya neden olan duruşların reba yöntemi ile ergonomik analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 239-244. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/195456>

- Atasoy, A., Keskin, F., Başkesen, N. ve Tekingündüz, S. (2010). Laboratuvar çalışanlarında işe bağlı kas iskelet sistemi sorunları ve ergonomik risklerinin değerlendirilmesi. *Sağlıkta Performans ve Kalite Dergisi*, 2, 1309-1972. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/303556>
- Babalık F. (2016). *Mühendisler İçin Ergonomi –İşbilim-*, Bursa : Dora Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Bilir, N. (2011). Meslek hastalıkları tanı, tedavi ve korunma ilkeleri. *Hacettepe Tıp Dergisi*, 42(4), 142-157.
- Chiasson, M.E., Imbeau, D., Major, J., Aubry, K. & Delisle A. (2012). Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders, *International Journey Of Industrial Ergonomics*, 42, 478-488. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2012.07.003>
- David, C. G. (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>
- Enez, K. ve Nalbantoğlu, S.S. (2015). REBA yönteminin ormancılık faaliyetleri açısından değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), ÖS: Ergonomi2015, 127-131. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/jesd/issue/20874/224008>
- Engström, T. & Medbo, P. (1997). Data collection and analysis of manual work using video recording and personal computer techniques. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19, 291-298. doi : [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(96\)00038-8](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(96)00038-8)
- 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 Bildirileri*, 82-86.
- Esen, H. ve Fırlı, N., (2013). Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(1), 41-51. Erişim adresi : <http://www.saujs.sakarya.edu.tr/issue/20670/220542>
- Gangopadhyay, S., Das, B., Das, T., Ghoshal, G. & Ghosh, T. (2015). An ergonomics study on posture-related discomfort and occupational-related disorders among stonecutters of West Bengal, India, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16(1), 69-79. doi : <https://doi.org/10.1080/10803548.2010.11076830>
- Gönen, D., Oral, A.D., Ocaktan, M.A.B., Karaoğlu, A. ve Cicibaş, A. (2017). Bir transformatör işletmesinde montaj ünitesinin ergonomik analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(5), 1067-1080. doi: <https://dx.doi.org/10.16984/saufenbilder.311585>
- Hashim, A., Dawal, S. & Yusoff, N. (2012). Ergonomic evaluation of postural stress in school workshop. *Work*, 41, 827-831. doi: <https://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0249-827>
- Herzog, N.V., Beharic, R.V., Beharic, A. & Buchmeister, B. (2014). Ergonomic analysis of ophthalmic nurse workplace using 3D simulation. *Int. j. Simul. Model.*, 4, 409-418. doi: [https://dx.doi.org/10.2507/IJSIMM13\(4\)2.265](https://dx.doi.org/10.2507/IJSIMM13(4)2.265)
- Hignett, S. & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.
- İçağasıoğlu, A., Yumuşakhuylu, Y., Ketenci, A., Toraman, N.F., Maymak Karataş G., Kuru, Ö. ... Haliloğlu, S. (2015). Burden of chronic low back pain in the turkish population. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 61, 58-64. doi: <https://dx.doi.org/10.5152/tftrd.2015.23921>
- Jones, T. & Kumar, S. (2010). Comparison of ergonomic risk assessment output in four sawmill jobs, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, 16(1), 105-111. Erişim adresi : <https://doi.org/10.1080/10803548.2010.11076834>
- Kahya, E. (2017). *Mühendislik Ekonomisi*. Eskişehir : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Yayın No : 248.
- Kim, T. & Roh, H. (2014). Analysis of risk factors for work-related musculoskeletal disorders in radiological technologists. *J Phys Ther Sci*, 26, 1423-1428. doi : <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1423>
- Kee, D. & Karwowski, W. (2007). A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 13, 3-14. doi : <https://doi.org/10.1080/10803548.2007.11076704>
- Kocabaş, M. (2009). *Ağır ve tehlikeli işlerde çalışan işçilerin zorlanmaya neden olan çalışma duruşlarının analizi* (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Koç, S. ve Testik, Ö.M. (2016). Mobilya sektöründe yaşanan kas-iskelet sistemi risklerinin farklı değerlendirme metotları ile incelenmesi ve minimizasyonu. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 27(2), 2-27. Erişim adresi : https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/0bbc3c6992b5523_ek.pdf
- Kong, Y.K., Lee, S.Y., Lee, K.S. & Kim, D.M. (2017). Comparisons of ergonomic evaluation tools (ALLA, RULA, REBA And OWAS) for farm work. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 24(2), 218-223. doi : <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1306960>

- 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.
- Özel, E. ve Çetik, O. (2010). Mesleki görevlerin ergonomik analizinde kullanılan araçlar ve bir uygulama örneği. *Dumlupınar Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 41-56. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/dpufbed/issue/36008/405251>
- Polat, O., Mutlu, Ö., Çakanel, H., Doğan, O., Özçetin, E. ve Şen, E. (2017). Bir mobilya fabrikasında çalışan işçilerin çalışma duruşlarının REBA yöntemi ile analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5 ÖS: Ergonomi2017, 263-268. doi : <https://dx.doi.org/10.21923/jesd.41742>
- Sağiroğlu, H., Coşkun, M.B. ve Erginel, N. (2015). REBA ile bir üretim hattındaki iş istasyonlarının ergonomik risk analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), ÖS: Ergonomi2015, 339-345. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/jesd/issue/20874/224045>
- Ulutaş, İ. ve Gündüz T. (2017). Otomotiv kablo imalatında ergonomik risk analizi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22(2), 107-119. doi : <https://dx.doi.org/10.17482/uumfd.336440>
- Ülker, O. ve Burdurlu, E. (2012). Panel mobilya imalatında kullanılan bazı makinelerde OWAS yöntemi ile eylemsel duruş analizi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (2), 291-300. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/kastorman/issue/17233/180030>
- Ünver Okan, S. ve Kaya, A. (2015). Orman fidanlıklarında fidan repikaj işlerinde çalışma duruşlarının REBA yöntemi ile analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), ÖS: Ergonomi2015, 157-163. Erişim adresi : <http://dergipark.gov.tr/jesd/issue/20874/224013>