



AKILLI TARLA PÜLVERİZATÖRÜNÜN GELENEKSEL TARLA PÜLVERİZATÖRÜ İLE ERGONOMİK AÇIDAN KARŞILAŞTIRILMASI

M. Barış EMİNOĞLU^{1*}, Caner KOÇ¹

¹ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Tarımsal mücadele, Operatör, Çalışma duruşu, RULA, İş güvenliği</i>	<p>Tarımsal faaliyetlerde operatörleri etkileyen en önemli alanlardan biri tarımsal mücadeledir. Kullanılan pestisitlerin yarattığı olumsuzlukların yanı sıra, kullanılan ekipmanın uygun olmayan tasarımı, ergonomi ve iş güvenliği açısından operatörün çalışma konforunu olumsuz yönde etkilemektedir.</p> <p>Bu çalışmada operatör yüksek teknoloji ile tasarlanmış ve imalatı yapılmış akıllı tarla pülverizatörü ve geleneksel bir tarla pülverizatörü ile aynı koşullarda çalışmıştır. Tarımsal mücadele sırasında bu makinalarla çalışırken ergonomik açıdan operatörün karşılaştığı zorluklar tespit edilmiştir. Bu amaçla, her iki pülverizatörle çalışmada vücut postürlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Akıllı tarla pülverizatörünün sahip olduğu dengeleme sisteminin operatör konforu üzerine etkileri belirlenmiştir. Operatör çalışma pozisyonları RULA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen deneme sonuçlarına göre akıllı tarla pülverizatörü ile yapılan çalışmanın diğer pülverizatöre göre ergonomik açıdan daha uygun olduğu belirlenmiş ve ekipman seçimi ve kullanımına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.</p>

COMPARISON OF SMART FIELD SPRAYER AND CONVENTIONAL FIELD SPRAYER IN TERMS OF ERGONOMICS

Keywords	Abstract
<i>Crop protection, Operator, Working Posture, RULA, Occupational safety</i>	<p>In agricultural activities, crop protection is one of the most important areas affecting the operators. Besides the negativities caused by pesticides used, the fact that not made evaluations of ergonomics and work safety in the design of the used equipment affects the operator comfort in negative way.</p> <p>In this study, an operator worked with a smart field sprayer which designed and manufactured with high technology and a conventional field sprayer at same conditions. Points of ergonomic view of working conditions have been determined working with these machinery during crop protection operation. For this purpose, the body postures were compared during working with both field sprayers. The effects of the smart field sprayers' active boom suspension system on the operator comfort have been determined. RULA method was used for evaluating working postures. Considering the results of the experiment, that was determined, working with smart field sprayer more appropriate in terms of ergonomics than other sprayer and evaluations were made for the selection and use of equipment..</p>

Alıntı / Cite

Eminoglu, M.B., Koç, C., (2018). Akıllı tarla pülverizatörünün geleneksel tarla pülverizatörü ile ergonomik açıdan karşılaştırılması, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(ÖS: Ergonomi2017), 257 – 262, 2018

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

M. Barış Eminoglu, 0000-0003-3264-3636
Caner Koç, 0000-0002-9096-4254

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	01.12.2017
Revizyon Tarihi / Revision Date	29.06.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	21.09.2018
Yayın Tarihi / Published Date	24.12.2018

1. Giriş

* İlgili yazar / Corresponding author: eminoglu@agri.ankara.edu.tr, +90-312-596-1174

Tarımsal faaliyetler, çalışılan ortamın sıcaklığı, tozu, mekanizasyon araçları ve bu konudaki eksiklikler, çalışanların uygun olmayan vücut postürlerinde ağır yükleri kaldırmak zorunda olmaları gibi nedenlerle çalışanları olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerin uzun süreli ve tekrarlı olması, çalışanlarda kas-iskelet sistemi kaynaklı meslek hastalıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde operatörleri etkileyen en önemli alanlardan biri tarımsal mücadeledir. Bitkisel üretimde kullanılan pestisitlerin operatör üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin yanı sıra, kullanılan düşük teknoloji ekipmanlar önemli rol oynamaktadır. Bu ekipmanların tasarımlarında ergonomi ve iş güvenliği açısından değerlendirmelerin yapılmaması operatörün çalışma koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada, teknolojik olarak farklı özelliklere sahip iki ayrı tarla pülverizatörlerini kullanan operatörün gerçek çalışma koşullarında vücut pozisyonları izlenmiştir. Elde edilen veriler ergonomik olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde materyalini oluşturan tarımsal mücadelenin yapıldığı gerçek çalışma alanı, kullanılan tarla pülverizatörlerinin özellikleri, RULA yöntemi ve kullanılan görüntü işleme programı tanıtılmıştır. Son bölümde ise araştırma sonuçlarına bağlı olarak tarla pülverizatörü ile çalışmaya ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Günümüze kadar bitki koruma makineleri ve bu makineleri kullanan operatörler üzerinde yapılan çalışmalar yoğun olarak; çevre kirliliği, ilaç sürüklenmesi(drift), doğal kaynakların korunması, operatörlerin kullanılan kimyasaldan etkilenmesi v.b. konuları ele alınmıştır. Tarımsal faaliyetler genelinde ve bitki koruma makineleri özelinde operatörlerin kalp atım değerleri, enerji tüketim değerleri, konforsuzluk skalası ile elde edilen anket çalışmalarının sonuçlarını içeren az sayıdaki çalışma incelendiğinde, bu makineleri kullanan operatörlerin çalışma koşullarının ergonomik açıdan ele alınmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Yurtlu vd. (2012) çiftçilerin tarım makineleri kullanımına ait risk algılarını belirlemek için yaptıkları çalışmada 38 denekle yüz yüze yaptıkları görüşmelerin sonuçlarına yer vermişlerdir. Deneklerin farklı tarım makineleri gruplarına ait risk değerlendirmesinde bitki koruma makinelerini en riskli makine gruplarından biri olarak belirlemişlerdir.

Ghugare vd. (1991) yaptıkları çalışmada sırt pülverizatörü ile çalışan 10 işçiden topladıkları verileri değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmanın fizyolojik kriterlere uygun olduğunu

belirtmişlerdir. Fakat çalışanlara yapılan konforsuzluk anketinde belin alt kısmında ve boyunda çalışma pozisyonundan kaynaklı rahatsızlık hissi olduğu vurgulanmıştır.

Chhuneja (2011) kendi yürür tarla pülverizatörü ile yaptığı çalışmada operatörlerin fizyolojik parametrelerini ölçmüştür. Tarla pülverizatöründeki bağlantı elemanlarında titreşim izolasyonu sağlayan parçaları kullanarak yapılan işin "orta ağırlıkta iş" derecesinden "hafif iş" derecesine getirilebildiğini belirtmişlerdir.

Aygün vd. (2017) narenciye hasadında çalışan mevsimlik işçilerin dominant el pençe kuvvetlerini ölçmüş, çalışma sırasındaki vücut pozisyonlarını değerlendirmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda sap kesme, toplama ve narenciye dolu selelerin sırtta taşınmasının işçileri en çok zorlayan iş bölümleri olduğu belirlenmiş ve pençe kuvveti değerlerinin sap kesme sonunda değiştiğini belirtmişlerdir.

Öz ve Çakmak (2017) tarım makineleri üreten bir işletmede yaptıkları çalışmada işçilerin çalışma postürlerini, RULA, REBA ve OWAS yöntemleri ile incelemişlerdir. Bu incelemeler sonucunda, tarım makineleri imalatında kullanılan, ısıl işlem, kaynak ve kesme işlemleri için değerlendirmeler yapılarak bu çalışmaların gerçekleştirildiği vücut pozisyonlarının düzenlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Massaccesi vd. (2003) yol süpüren ve çöp toplayan 77 araç sürücüsünün çalışma pozisyonlarını değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre RULA yöntemi ile hesaplanan skorlarla sürücülerin boyun ve sırt ağrıları arasında bir ilişki bulunduğu ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, yüksek teknoloji ile üretilen akıllı tarla pülverizatörü ile konvansiyonel bir tarla pülverizatörünün gerçek çalışma koşullarında eğimli arazide çalıştırılması sırasında operatörün karşılaştığı çalışma duruşlarına bağlı zorlanmalar RULA yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Deneme parseli

Denemeler, Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğindeki arpa üretimi yapılan anızla kaplı 2.7 ha alanına sahip parsel üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneme parseli %5-10 eğim değerine sahiptir (Şekil 1 ve Şekil 3).

3.2. Operatör

Denemeye katılan operatörün bazı fiziksel özellikleri Tablo 1' de yer almaktadır.

Tablo 1. Operatörün bazı fiziksel özellikleri

Denemeye katılan operatörün	Yaş (yıl)	Boy (m)	Kilo (kg)
	46	1.75	88

Denemeye katılan operatör uygulama çiftliğinde 16 yıl süre ile tarla pülverizatörleri ile ilaçlama yapmaktadır. Çiftlik personeline verilen ilaçlama konusundaki eğitimlere katıldığını belirtmiştir. Denemeye gönüllü katılmıştır. Denemeye katılmasına engel olacak herhangi bir sağlık problemi bulunmamaktadır. Ayrıca denemeleri yapılacağı günlerde herhangi bir rahatsızlık hissetmediğini belirtmiştir.

3.3. Denemelerde kullanılan pülverizatörler

Geleneksel tarla pülverizatörü 15 m iş genişliğine ve 1400 L ilaç deposu kapasitesine sahiptir (Şekil 1). Bu tarla pülverizatörü traktör üç nokta askı düzenine bağlanmakta asılı olarak kullanılmaktadır. Pülverizatör pompası hareketini traktör kuyruk milinden almaktadır. Geleneksel tarla pülverizatörü bir operatör tarafından çalıştırılabilmekte makinanın yol ve iş konumlarına alınması tek operatör tarafından yapılmaktadır. Çalışma sırasında ilaçlama memelerinin bulunduğu bumin arazi yüzeyinden yüksekliği, operatör tarafından ayarlanmaktadır.



Şekil 1. Geleneksel tarla pülverizatörünün iş konumundaki genel görünümü ve parsel eğimi

Akıllı tarla pülverizatörü 24 m iş genişliğinde, 1200 L ilaç deposu hacmine sahiptir. Traktör üç nokta askı düzenine bağlanmaktadır. Akıllı tarla pülverizatörünün yol ve iş konumlarına alınması elektronik olarak bir tablet veya elektronik kontrol birimi üzerinden gerçekleştirilmektedir. Makine hareketini kuyruk milinden almaktadır. Bomlarda yer alan ultrasonik sensörlerden gelen zeminden yükseklik verilerine göre, bom ile tarla yüzeyi arasındaki mesafe elektronik kontrol birimi tarafından değerlendirilip otomatik olarak dengelenmektedir. Bunun için pülverizatör ana çatısı üzerindeki boma hareket veren kollara hareket veren hidrolik silindireler, selenoid valfler kullanılmıştır. Bu sistem aracılığıyla bom hareketine elektronik olarak kumanda edilmektedir. Böylece tarla pülverizatör bomu operatör kontrolünden bağımsız ve tarla yüzeyine gerçek zamanlı olarak paralel çalışabilmektedir.



Şekil 2. Akıllı tarla pülverizatörünün yol konumundaki genel görünümü

Akıllı tarla pülverizatörünün bu özelliklerinin yanı sıra GPS çalışma altında haritadan işaretlenen alanda belirlenen rotada ilaçlama yapabilmektedir (Şekil 3). Akıllı tarla pülverizatör bomu taralı alanın dışına çıktığında dışarda kalan bom bölümlerindeki ilaçlama memeleri kontrol birimindeki yazılım ile kapatılarak sadece belirlenen alanda ilaçlama yapabilmektedir. Böylece fazla ilaç kullanımının önüne geçilerek girdilerin ekonomik kullanımı, toprak ve su kaynaklarının kirletilmesinin de önüne geçilmektedir.

İŞLENEN HARİTA	Q8:36-38
ETKİN BLUETOOTH AYGITI	WTA - 41
BUM DENGELİ YÜKSEKLİĞİ	50 cm
SOL BUM YÜKSEKLİĞİ	50 cm
SAG BUM YÜKSEKLİĞİ	50 cm



Şekil 3. Akıllı tarla pülverizatörünün GPS ile kumanda edilmesi sırasında izlenen rotalar ve çalışılan parsel

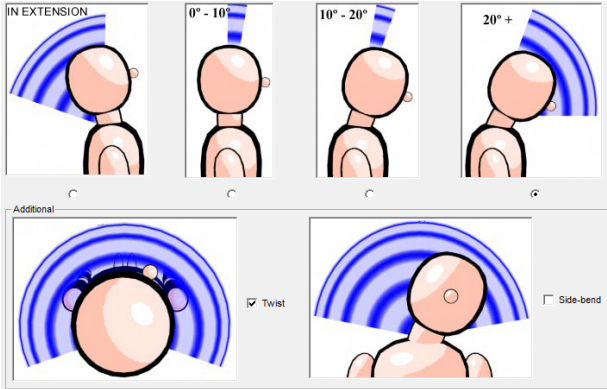
3.4 Analiz programı

Operatörün iki farklı pülverizatörle yapılan çalışması ErgoFellow 3.0 paket programında yer alan imaj analiz ve RULA (rapid upper limb assessment) modülleri kullanılarak incelenmiştir.

İki farklı pülverizatör ile çalışma sırasında kaydedilen video görüntüleri 150 saniyelik bölümler halinde incelenmiş tekrar eden ve bedenen zorlanmanın yüksek olduğu çalışma duruşlarına ait ekran görüntüleri alınmıştır. İmaj analiz modülü ile çalışma pozisyonlarına ait bu görüntülerin RULA yönteminde esas alınacak risk skorları için kullanılacak açılal değerleri belirlenmiştir.

RULA yöntemi; İngiltere Nottingham Üniversitesi'nden McAtamney ve Corlett (1993) tarafından çalışma sırasındaki vücut pozisyonlarının yüklenmeye bağlı olarak kas-iskelet sistemleri üzerine etkilerinin değerlendirmesi amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir.

Bu yöntem üst uzuvların (el, bilek, dirsek, alt kol, üst kol, omuz, boyun) maruz kaldığı yüklenme seviyelerinin gözlemlenmesi ve skorlanması esasına dayanmaktadır. RULA yönteminde boyun için yapılan açılal sınıflandırmaya örnek Şekil 4'te yer verilmiştir. Benzer şekilde diğer üst uzuvlar için de açılal sınıflandırmalar yapılmaktadır.



Şekil 4. Boynun çalışma duruşu için yapılmış açılal sınıflandırma(Anonim, 2017)

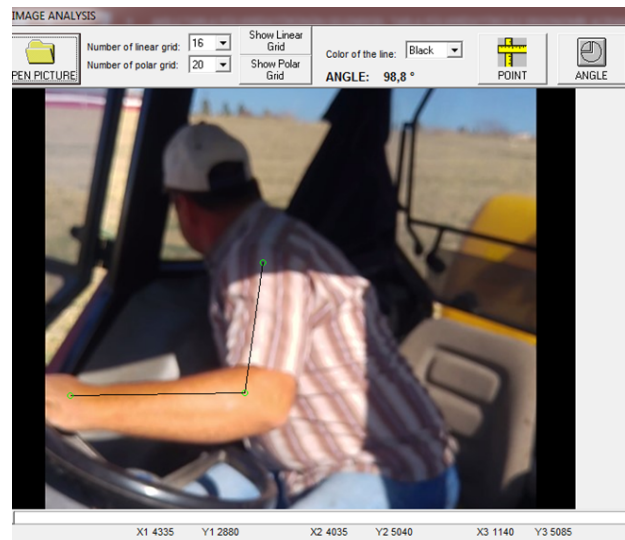
RULA yönteminde herhangi bir ek donanım ihtiyacı duymaksızın çalışma duruşlarının değerlendirilmesi güvenilir bir şekilde yapılmaktadır. Böylece boyun, sırt, bacak, üst kol, alt kol ve bilek, çalışmanın tamamında vücut pozisyonunun statik ve dinamik olma koşulları için değerlendirilmektedir. Yüklenme değerleri önceden belirlenmiş sınıflandırmaların ve sayısal değerlerin üzerinden işlenerek duruşun risk skoru belirlenmektedir. RULA yöntemine göre yapılan skorlama çalışma pozisyonuna verilen skorların hangi açıklamaya karşılık geldiği ve hangi kararın alınması gerektiği belirtilmektedir(Tablo 2).

Tablo 2. RULA skorları ve anlamları

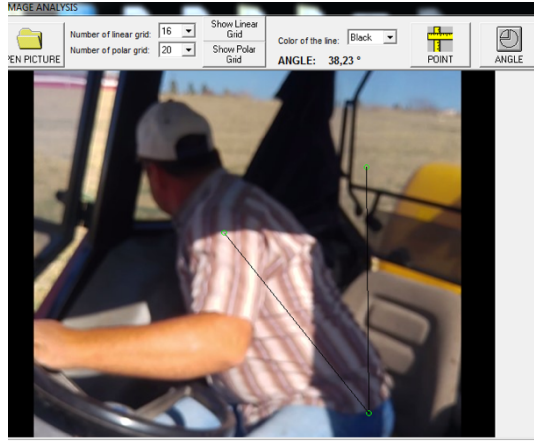
RULA skoru	Aktivite seviyesi	Açıklama/Karar
1 - 2	1	Çalışma pozisyonu korunduğu ve uzun süreli çalışıldığında kabul edilebilir bir pozisyonudur.
3-4	2	İlave araştırmalar yapılmalı. Çalışma pozisyonunda değişiklik gerekebilir.
5-6	3	Kısa süre içerisinde çalışma pozisyonunda değişikliğe gidilmeli.
7	4	Çalışma pozisyonu acilen değiştirilmeli

4. Araştırma Bulguları

Operatörün iki farklı tarla pülverizatörü ile yapılan çalışmasından elde edilen görüntü kayıtları incelenmiştir. İncelenen kayıtlarda çalışma pozisyonları için en çok tekrar eden ve bedensel yüklenmenin yüksek olduğu çalışma duruşları belirlenmiştir. Geleneksel tarla pülverizatörü ile eğimli tarlada ilaçlama çalışması sırasında, alt kolun açısı ve gövdenin eğim açısı ErgoFellow3.0 programının imaj analiz modülündeki değerler sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 5. Alt kolun açılal değerinin belirlenmesi



Şekil 6. Gövdenin eğilme açısının belirlenmesi

Şekil 5 ve 6'da görüldüğü gibi eğimli arazide geleneksel tarla pülverizatörü ile çalışan operatör, bumun arazi düzlemi ile temas etmemesi için sürekli sağa ve sola dönerek geriye doğru eğilerek çalışmaktadır. Sağa ve sola dönerken sol eliyle traktörü dümenlenme amacıyla 95-100° açıyla konumlanmaktadır. Operatörün diğer kolu ise bum yüksekliğini eğime göre düzeltmek için oturak seviyesinin altında yer alan ve elle kullanılması gereken kollara kumanda etmektedir. Eğimli arazide tarla pülverizatörü ile çalışmada operatör sağa ve sola sürekli olarak dönmekte, kısa bir süre bu pozisyonda kalmakta ve bu pozisyon değişimi bir dakikada ortalama 7 kez tekrarlanmaktadır. Çalışma sırasında operatörün boynu 20°' den fazla öne eğilmiş durumdadır. Operatör oturur pozisyonda çalıştığı için bacak ve ayak destekli olarak çalışmaktadır. Operatörün tüm değerlendirmeler sonunda elde edilen RULA skoru geleneksel tarla pülverizatörü ile çalışmasında "6" olarak belirlenmiştir. Bu skor "kısa süre içerisinde bu çalışma pozisyonunda değişikliğe gidilmesi" nin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Ayrıca geleneksel tarla pülverizatörü ile çalışmaya başlamadan önce pülverizatörün iş konumuna alınması için katlanır bumun açılması ve çalışma sonunda yol konumu için tekrar katlanması gerekmektedir. Bu işlem için RULA skoru "7" olarak belirlenmiştir. Bu işlemlerin operatörün normal çalışma pozisyonlarına ayırdığı toplam çalışma süresi içerisindeki ortalama payı(%2) az olmakla birlikte skora karşılık gelen "bu çalışma pozisyonunun acilen değiştirilmesi" sonucu çıkmıştır.

Akıllı tarla pülverizatörü ile çalışmada pülverizatörün yol ve iş konumlarına alınması tek bir tuşla elektromekanik olarak yapılabilir. Bu nedenle akıllı tarla pülverizatörünün yol ve iş konumlarına alınması için operatörün herhangi bir bedensel yüklenmesi olmadığından RULA yönteminin uygulanmasına gerek kalmamıştır. Eğimli arazide akıllı atarlar pülverizatörü ile çalışmada bum yüksekliği ayarlandığı çalışma yüksekliğinde otomatik kontrol edilmekte ve sabit tutulmaktadır. Operatör

sadece çalışma süresince bilgi ekranından değerleri kontrol etmekte sıradışı bir durum olduğunda gerekli müdahaleyi yapmaktadır. Bu nedenle operatörün bedensel yüklenmesi traktörün düz bir hatta ilerlemesinin sağlaması şeklinde gerçekleşmektedir. Akıllı tarla pülverizatörü ile çalışmada üst uzuvların çalışma duruşundaki pozisyonlarından elde edilen RULA skoru "2" olarak belirlenmiş ve "çalışma pozisyonu korunduğu ve uzun süreli çalışıldığında kabul edilebilir bir pozisyondu" sonucuna varılmıştır.

5. Sonuç ve Tartışma

RULA yöntemi çalışma pozisyonlarına bağlı üst uzuvların duruşlarının; çalışmanın statik veya dinamik yapısı ile yüklenme değerlerine bağlı olarak değerlendiren gözleme dayalı bir yöntemdir. Bu çalışmada, geleneksel bir tarla pülverizatörü ve elektronik sistemlerle donatılmış akıllı tarla pülverizatörü ile ilaçlama işlemi sırasında operatörün çalışma pozisyonları karşılaştırılmıştır.

Geleneksel tarla pülverizatörünün iş ve yol konumlarına alınması operatör tarafında yapılmakta, akıllı tarla pülverizatöründe ise elektromekanik (yazılım, ultrasonik sensörler, hidrolik silindirler) kumanda ile yapılmaktadır. Ayrıca operatör enerji ve zaman kaybetmeden pülverizatörü yol veya iş konumuna alabilmektedir. Operatör çalışma sırasında özellikle eğimli arazide geleneksel tarla pülverizatörü bumunu dengelemek için sürekli kolları kontrol etmek için sağa ve sola gövde ve boynu ile dönmekte ve bu pozisyonlarda kalmaktadır. Çalışma sırasında tekrarlı olacak şekilde bu pozisyonunu değiştirmektedir.

Yapılan analizler ve RULA skorları akıllı tarla pülverizatörü ile çalışmanın operatörün vücut pozisyonu açısından daha az yüklediğini ve zorlandığını ve bu bakımdan daha sağlıklı olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle akıllı tarla pülverizatörlerinde uygulanan bu gibi elektromekanik çözümlerin ve tasarımların, operatörü daha az yükleyeceği ve bu şekilde tasarlanmış olan makinaların uzun süreli çalışmalar için tercih edilmesi gerektiği görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada yer alan "Akıllı Tarla Pülverizatörü" "TEYDEB 1507" tarafından "7140646 " nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Anonim,2017. ErgoFellow 3.0 Rula Modülü-Açısal sınıflandırma görevleri.
- Aygün, İ., Çakmak, B., Alayunt, F., N., 2017, Narenciye hasadının ergonomik açıdan incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi C: XX, Özel sayı:1, S:39
- Chhuneja, N., K., 2011. Ergonomic studies on self propelled sprayer. Phd. Thesis. Punjab agricultural University, India.
- Ghugare, B., D., Adhoo, S., H., Gite, L., P., Pandya, A.,C., Patel S., L., 1991. Ergonomics evaluation of a lever-operated knapsack sprayer. Applied Ergonomics. 22(4), 241-250.
- Massaccesi, M., Pagnotta, A., Soccetta, A., Masalib, M., Masieroc, C., Grecoa F., 2003. Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method. Applied Ergonomics 34 (2003) 303-307.
- McAtamney, L., Corlett, E. N., 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics. (2), 91-99.
- Öz, E., Çakmak, B.,2017, Tarım Makineleri Üreten Bir İşletmede İş Akışının Ergonomi Ve İş Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 5 (ÖS: Ergonomi2016), 275-282, 2017,e-ISSN: 1308-6693.
- Yurtlu, Y., B., Demiryürek, K., Bozođlu, M., Ceyhan, V., 2012. Çiftçilerin Tarım Makineleri Kullanımına İlişkin Risk Algıları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2012, 49 (1): 93-101