



## Meyve Hasat Platformu Makas Kollarının Bilgisayar Ortamında Yapısal Analizi

**M. Barış EMİNOĞLU<sup>1\*</sup> Uğur YEGÜL<sup>1</sup> Caner KOÇ<sup>1</sup>  
Ali İhsan ACAR<sup>1</sup> Ramazan ÖZTÜRK<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara

\* e-posta: eminoglu@agri.ankara.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 08.08.2016

Kabul tarihi (Accepted): 22.08.2016

Online Baskı tarihi (Printed Online): 29.08.2016

Yazılı baskı tarihi (Printed): 31.08.2016

**Öz:** Meyve hasadına yardımcı platformlar, hasat işçilerinin meyve tacının yüksek bölgelerine ulaşmalarını sağlamaktadır. Bu amaçla, meyve hasadına yardımcı bir platformunun öncelikle bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak tasarımı yapılmış ve imal edilmiştir. Tasarlanan modelin makas kollarına gelen kuvvetlerin maksimum değeri tahmini olarak belirlenmiştir. Tasarlanan modelin sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan bir program aracılığıyla bilgisayar ortamında analizi yapılmıştır. Makas kolları için seçilen iki farklı ölçüdeki dikdörtgen profillerin; toplam deformasyon, gerilme, ömür ve güvenlik faktörü değerleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, ömür ve makasların birleşme bölgelerindeki gerilme değerlerine göre dayanımı yüksek olan profil seçilmiştir. Prototipin imalatında makas kollarında bu ölçüdeki dikdörtgen profiller kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hasat platformu, sonlu elemanlar yöntemi, gerilme analizi, ömür analizi,

## Structural Analysis of an Orchard Harvest Platform's Scissors Lift Arms in Computer Environment

**Abstract:** Orchard platforms are provided to reach highest crown of the fruit trees. For this purpose, primarily a three-dimensional model of the orchard platform was designed in a computer environment and produced. Estimated maximum forces were determined scissors lift arms of the designed model. The designed model was analyzed using ANSYS 15.0 with finite element method. Selected two different sizes of rectangular profile for scissors lift arms; total deformation, strain, durability and safety factor values are determined. According to analysis results, profile size selected acceptable for life and stress values of the merge region of the scissors lift arms. This size of rectangular profile is used for scissor lift arms in the manufacture of prototype.

**Keywords:** Orchard harvest platform, Finite element method, equivalent stress analysis, life analysis

### 1. Giriş

Meyve hasadına yardımcı platformlar, hasat işçilerinin meyve tacının yüksek bölgelerine ulaşmalarını sağlamaktadır. Bu amaçla tasarlanan farklı özellikteki meyve hasat platformları meyve hasadında kullanılmaktadır. Bu platformlarda işçilerin ayakta durarak çalıştıkları üst bölüm, ağaçların yüksekliğine göre makas kollarının üzerinde yükseltilebilmekte veya

alçaltılabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında makas kolları işçileri ve toplanan meyvelerin ağırlığını taşımakta olan hareketli yapılardır. Bir meyve hasat platformu tasarlanırken makas kollarında kullanılacak profilin seçimi önem taşımaktadır.

Bilgisayar programlarının gelişmesi ile birlikte makina elemanlarının ve bunların oluşturduğu sistemlerin tasarımları bilgisayar paket

programları ile yapılabilmektedir. Bilgisayar ortamında yapılan tasarımlar malzeme seçimi, çalışan sistemlerin ömür ve dayanım sınırlarının belirlenmesi açısından kolaylıklar sağlamaktadır. Günümüzde farklı bilgisayar paket programları ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizlere dayalı çalışmalara pek çok örnek bulunmaktadır. Sfrü ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, üç boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktardıkları toprak işleme amacıyla kullanılan bir elemanı SOLIDWORKS ve AUTODESK INVERTOR programları ile analiz etmişlerdir. Malzeme ve malzemeye ait özellikler her iki programın analiz modülleri için aynı değerlerde tanımlanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre nispi yer değiştirme miktarında benzer sonuçlar gözlenmiştir. Fakat güvenlik faktörü ve maksimum gerilme değerlerinin arasında %25'in üzerinde farklılıklar bulunmuştur. Da Silva ve ark. (2014) kahve hasat makinasının iki farklı modeli için sonlu elemanlar yöntemini kullanarak makinanın ana yapı organlarının gerilme ve yer değiştirme değerlerini analiz etmişlerdir. Modellerden birinin arka tekerlekleri aynı hizada(A); diğerinin ise arka tekerlek eksenleri birbirinden kaçık(B) olarak tasarlanmıştır. A ile tanımlı modelinin maksimum gerilme değeri daha düşük olsa da; B modelinin ortalama gerilme ve yer değiştirme değerleri daha düşük olduğundan makina arka teker eksenleri kaçık olarak imal edilmiştir. Bu şekilde imal edilen modelde arazi çalışmasında herhangi bir arıza gözlenmediğini belirtmiştir. Wu-jiao ve ark. (2009) Çin'de üretilen en büyük motorlardan birinin krank milinin imalatında kullanılan bir ekipmanın dayanım analizleri için DEFORM-3D ve I-DEAS bilgisayar paket programlarını kullanmışlardır. Yaptıkları optimizasyon çalışmasıyla kopma gözlemlenen bölgelerdeki maksimum gerilmeyi azaltmışlardır. Bošnjak ve ark. (2010) eskavatör tekerleklerinin yataklandırıldığı parçanın kopma ve yeniden tasarımını yapmışlardır. Sonlu elemanlar analizi yöntemi kullanarak yaptıkları çalışmada, yeniden tasarlayıp çalışma şartlarında kullandıkları modelin başarılı olduğunu belirtmişlerdir. He ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada bir yolcu otomobilinin amortisör yayı

kulesinin erken kırılmasının nedenlerini incelemişlerdir. Otomobilin amortisör yayı kulesi bilgisayar ortamında modellenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analiz ve gerçek yol testleri sonucunda sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan ömür ile gerçek kullanım şartlarında belirlenen mesafe değerlerinin uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Park ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada yüksek beygir gücüne sahip bir iş makinasının dişli kutusunda yer alan planet dişli sisteminde oluşan kırılmaları incelemişlerdir. INVERTER ile normal ve bozuk planet dişli sistemleri üç boyutlu olarak bilgisayar ortamına aktarılmış ANSYS yardımı ile sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda bozulmuş dişli kutusunun karşılaştığı maksimum gerilme değerinin normal dişli kutusunun karşılaştığı gerilme değerinden %26 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Metalurjik analizlerle sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizler arasında benzerlikler olduğu belirtilmiştir. Yıldız ve Düzgün (2010) yaptıkları çalışmada ANSYS paket programı ile sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak dört farklı tipte fren diskinin gerilme analizlerini yapmışlardır. Analiz sonucunda farklı tiplerde havalandırma kanalları ve delikleri bulunan fren disklerinin gerilme değeri, %8'den %11'e kadar değişen değerlerde üzerinde herhangi bir havalandırma deliği veya kanal bulunmayan fren diskine ait gerilme değerlerinden düşük bulunmuştur. Yılmaz ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, bir turbo atomizörün ana şasesinin gerilme analizine yer vermişlerdir. Analizler sonlu elemanlar yöntemine göre yapılmış ve şaseye üç farklı kuvvet uygulanmıştır. Yapılan analizler sonunda, ana şasenin fazla yüklendiği çalışma koşullarına göre tekrar şekillendirilebileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmada Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde kullanılmak üzere tasarlanmış bir meyve hasadına yardımcı platformun makas kollarında kullanılacak profil boyutları sonlu elemanlar analiz yöntemi ile belirlenmiş ve imal edilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Tasarlanan meyve hasadına yardımcı platformun makas kollarının malzemesi genel yapı çeliği olarak bilinen St 37 olarak seçilmiştir.

St 37 yapı çeliğine ait bazı temel özellikler Çizelge 1’de görülmektedir. Çizelge 1’de verilen

St 37 yapı çeliğinin özelliklerin sonlu elemanlar yöntemi ile analiz için kullanılan programın malzeme seçimi ara yüzünde yer alıp/almadığı kontrol edilmiştir.

**Çizelge 1.** Yapı çeliğine ait özellikler

Yoğunluk (kg/mm <sup>3</sup> )	Sıkıştırma dayanımı (MPa)	Akma dayanımı (MPa)	Kopma dayanımı (MPa)
7.85 x 10 <sup>6</sup>	250	250	460

### 2.2. Tasarlanan Meyve Hasadına Yardımcı Platformun Makas Kolları

Hasat platformu prototipi iki dingilli bir tarım arabasına monte edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Prototipin uzunluk, genişlik, yükseklik değerleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği’ne ait meyve parsellerinden alınan ölçümlere göre belirlenmiştir. Beş ayrı meyve parselinde yapılan meyve ağaçlarına ait taç genişliği, taç derinliği ve taç yüksekliği ölçümleri; makinanın yerden yüksekliği, uzunluğu ve işçileri taşıyacak platformun yanlara açıldığında alacağı genişlik ölçüleri hakkında temel bir veri oluşturmaktadır. Bu ölçümlerle birlikte imal edilecek taşıyıcı platformun ekonomik ve güvenli olacak şekilde maksimum ölçüleri 4 m yüksekliğe ulaşabilecek, yanlara açıldığında ise toplam genişliği 3 m olacak şekilde hasat platformunun temel ölçüleri belirlenmiştir.

Tasarlanan meyve hasadına yardımcı platformun ilk imalat resimlerinde makas kolları malzemesi olarak 140x80x5.6 mm ölçülerindeki dikdörtgen profiller yer almaktadır. Yapılan analizlerde bu ölçünün alternatifi olarak makas kolları 140x80x7.1 mm ölçülerinde dikdörtgen profilden oluşan üç boyutlu bir model hazırlanarak analiz edilmiştir.

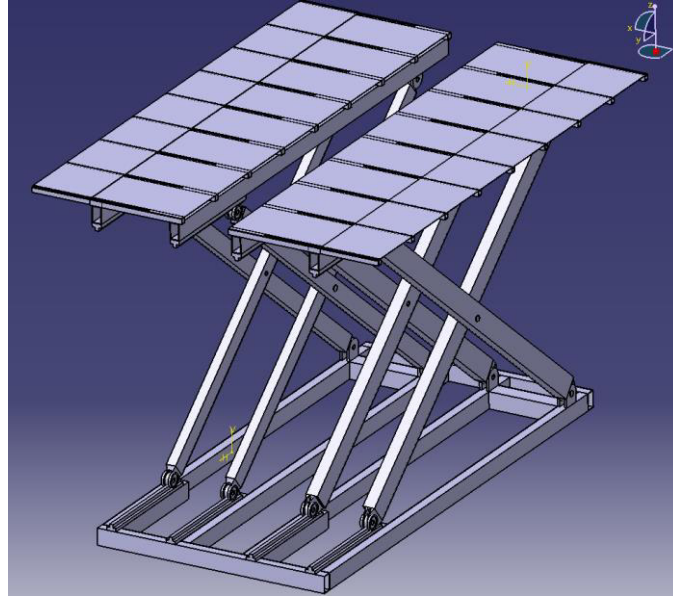
### 2.3. Makas Kollarına Gelen Yükler

Yapılan analizlerde platform üzerine gelen yük, üst çalışma platformu yana açılmış konumda yayılı yük olarak tanımlanmıştır. Yayılı yükün değeri çalışan kişi sayısı başına 100 kg ve maksimum çalışan sayısı 3 kabul edilerek 300 kg (~3000N) işçiler için, toplanacak meyveler için 200 kg (2000N), üst platform ağırlığı 150 kg (~1500N) kabul edilerek toplamda 6500N alınmıştır.

### 2.4. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları

Sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilen katı modeller CATIA V5R21 (DassaultSystèmeAmericas Corp.175 Wyman Street Waltham, MA 02451 - United StatesFrontdesk: +1 (781) 810-3000) paket programı ile hazırlanmıştır. CATIA V5R21 paket programı, imalata yönelik pek çok sektörde tasarım amacıyla kullanılmaktadır. Tasarım ve imalatın farklı uygulamalarında kullanılabilecek olan bu programın iki boyutlu çizim, üç boyutlu katı modelleme, montaj modülü, teknik resim modülü, kinematik hareket modülü, kalıp tasarım modülü v.b. özellikleri de bulunmaktadır.

Bu araştırmada meyve hasadına yardımcı platformun Şekil 1’de görülen katı modelinin hazırlanması için; üç boyutlu katı modelleme, montaj ve kinematik hareket modülleri kullanılmıştır.



**Şekil 1.** Meyve hasadına yardımcı platformun sonlu elemanlar analizi için hazırlanan katı modeli

Katı modelleri hazırlanan meyve hasadına yardımcı platformun gerilme, ömür ve güvenlik faktörü analizleri ANSYS 15.0 bilgisayar paket programı ile yapılmıştır. ANSYS bilgisayar programı; mukavemet, elektrik, elektromanyetik, akışkanlar mekaniği, titreşim, ısı transferi ve daha birçok konuda çizim, analiz ve simülasyon imkanı sağlayan sonlu elemanlar analiz yazılımıdır. Bu araştırmada, makas kollarına gelen yüklerin oluşturduğu gerilmelere bağlı olarak statik yapı modülü kullanılmıştır.

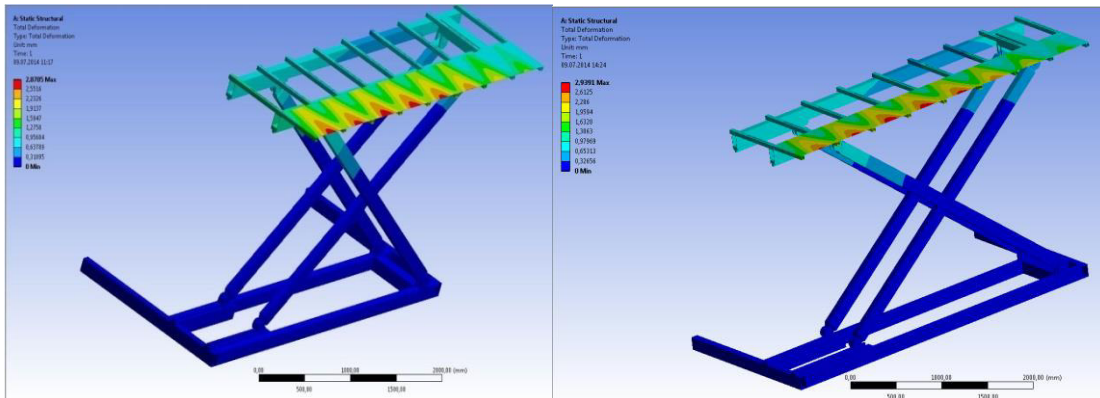
Meyve hasadında çalışacak işçilerin sağ ve solda bağımsız çalışması ön görüldüğünden

meyve hasadına yardımcı platform prototipinin analizlere yalnızca tek bir bölümü alınmıştır.

### 3. Araştırma Bulguları

#### 3.1. Toplam Deformasyon

Belirlenen kuvvet uygulandığında Şekil 2’de görüldüğü 140x80x5.6 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı modelde(a) maksimum deformasyon değeri 2.87 mm olmaktadır. 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı modelde(b) maksimum deformasyon 2.94 mm olmaktadır. En yüksek deformasyon değerlerinin her iki modelde de yanlara açılan çalışma platformunun uç bölgelerinde olduğu görülmektedir.

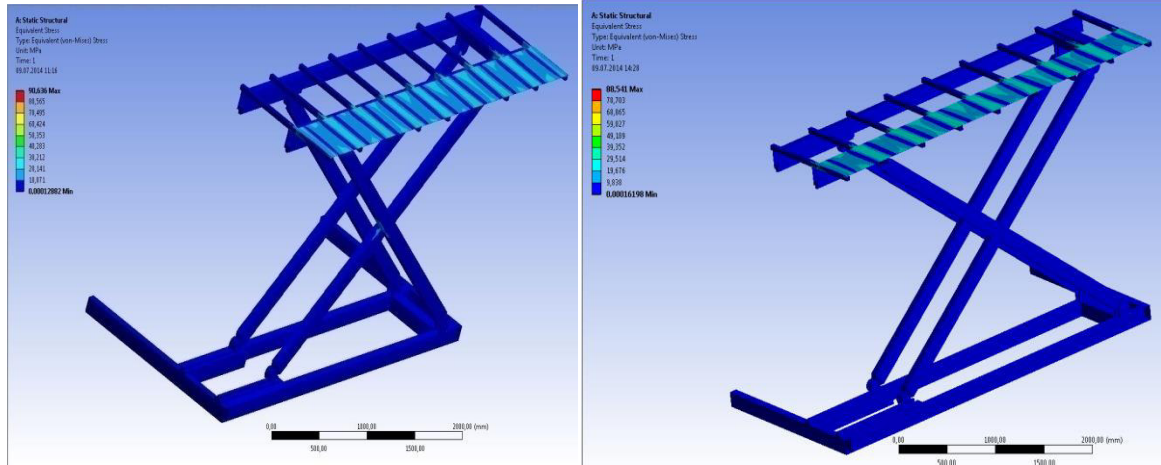


**Şekil 2.** 140x80x5.6 mm ölçüleri(a) ve 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profillerin kullanıldığı makas kolları(b) için hazırlanan modellerin toplam deformasyonu

### 3.2. Gerilme

Çalışmada seçili yük sisteme uygulandığında Şekil 3'de görüldüğü gibi 140x80x5.6 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı modelde(a) makasların birleşim yerindeki en yüksek gerilme 20.1 MPa değerindedir. Sistemde oluşan en büyük gerilme ise 90.6 N/mm<sup>2</sup> olarak renk grafiğinde

belirtilmiştir. 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı modelde(b) makasların birleşim yerindeki en yüksek gerilme 9.8 MPa değerindedir. Sistemde oluşan en büyük gerilme ise 88.5 N/mm<sup>2</sup> olarak renk grafiğinde belirtilmiştir.

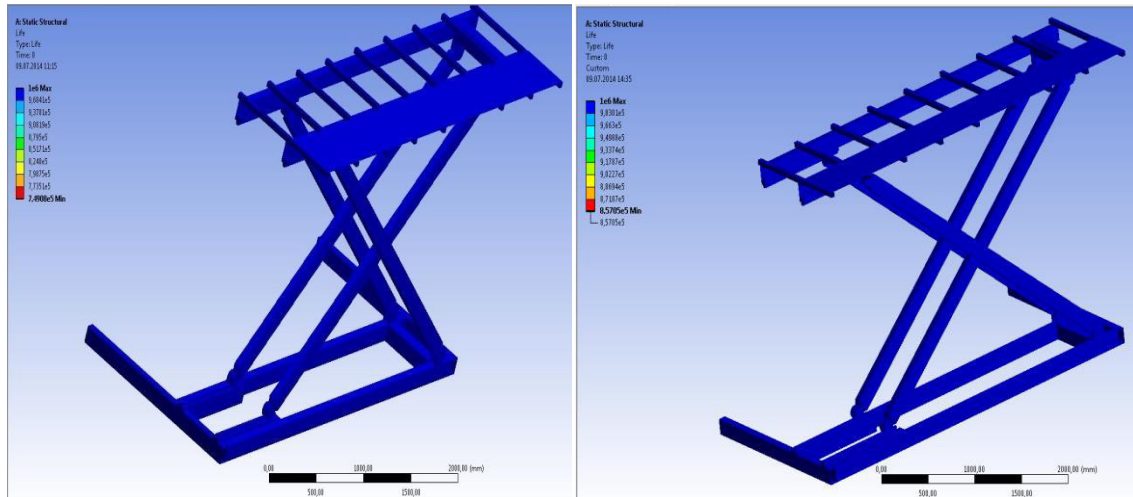


Şekil 3. 140x80x5.6 mm ölçüleri(a) ve 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profillerin kullanıldığı makas kolları(b) için hazırlanan modellerin gerilme değerleri

### 3.3. Ömür

Sistemin minimum ömrü, seçili yük ile yüklendiğinde Şekil 4'de görüldüğü gibi 140x80x5.6 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı

model(a) için 749080 çevrim değerindedir. 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı model(b) için minimum ömür değeri ise 857050 çevrim değerindedir.

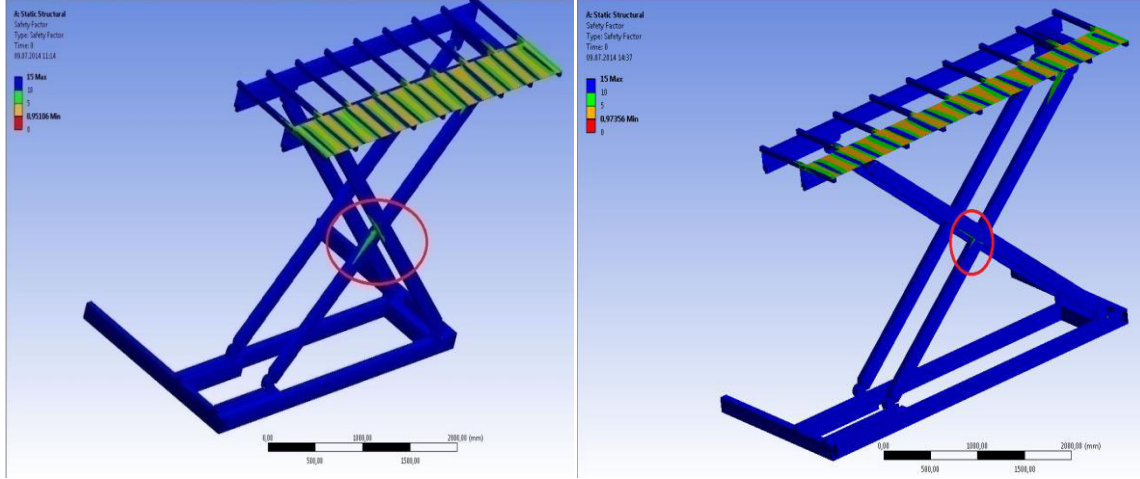


Şekil 4. 140x80x5.6 mm ölçüleri(a) ve 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profillerin kullanıldığı makas kolları(b) için hazırlanan modellerin ömür değerleri

### 3.4. Güvenlik Faktörü

Şekil 5’de görüldüğü gibi analiz sonucunda, seçili yük ile yüklendiğinde 140x80x5.6 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı model(a) için

güvenlik faktörünün minimum değeri 0.95; 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profilin kullanıldığı model(b) için minimum güvenlik faktörü 0.97 değerindedir.



**Şekil 5.** 140x80x5.6 mm ölçüleri(a) ve 140x80x7.1 mm ölçülerindeki profillerin kullanıldığı makas kolları(b) için hazırlanan modellerin güvenlik faktörü değerleri

Sistem seçilen yük ile yüklendiğinde kırmızı ile gösterilen bölgeler güvensiz kabul edilmektedir. Makasların kesişim bölgeleri ise güvenlik açısından olumlu gözükmetedir. Makasların kesim bölgelerindeki güvenlik faktörünün en küçük değeri 5’dir.

Malzemenin et kalınlığı 7.1 mm alındığında minimum güvenlik faktörü 0.97 değerine

çıkmıştır. Makasların kesim bölgelerindeki güvenlik faktörünün en küçük değeri 5’dir. Makasların kesişim bölgeleri 5.6 mm et kalınlığındaki profille karşılaştırıldığında yeşil bölgenin yani güvenlik faktörünün minimum 5 olduğu bölge daha küçük olduğundan güvenlik açısından olumlu gözükmetedir.

**Çizelge 2.** Makas sisteminde kullanılacak dikdörtgen profilin ANSYS 15.0 paket programdaki analiz sonuçlarının et kalınlığına göre değişimi

	Malzeme et kalınlığı (mm)	
	5.6	7.1
Toplam deformasyonun maksimum değeri (mm)	2.87	2.93
Sistemdeki maksimum gerilme (N/mm <sup>2</sup> )	90.6	88.5
Makas kesim bölgesindeki maksimum gerilme (N/mm <sup>2</sup> )	20.1	9.8
Minimum ömür değeri	749080	857050
Güvenlik faktörünün minimum değeri	0.95	0.97

Çizelge 2’den anlaşılacağı üzere et kalınlığı 7.1 mm olan dikdörtgen profilin kullanıldığı makas kollarından oluşan sistemin analiz

sonuçlarına göre; maksimum gerilme, makas bölgesindeki gerilme, ömür ve güvenlik faktörü

değerleri 5.6 mm et kalınlığına sahip dikdörtgen profilden oluşan makas kollarının 6500 N yayılı yük ile yüklenmesi sonucunda elde edilen analiz sonuçlarına göre;

#### 4. Tartışma ve Sonuç

İki farklı et kalınlığına sahip dikdörtgen profilden oluşan makas kollarının 6500 N yayılı yük ile yüklenmesi sonucunda elde edilen analiz sonuçlarına göre;

- Modellerdeki maksimum gerilme değeri 7.1 mm kalınlığındaki malzemenin kullanıldığı modelde 5.6 mm kalınlığındaki malzemenin kullanıldığı modele göre daha düşük çıkmıştır.
- Makas bölgesindeki gerilmenin maksimum değeri 7.1 mm kalınlığındaki malzemenin kullanıldığı modelde yarı yarıya azalmıştır.
- Sistemin minimum ömrü 7.1 mm kalınlığındaki malzemenin kullanıldığı modelde yaklaşık 100000 defa daha fazla yüklenmesine olanak sağlamaktadır.
- Güvenlik faktörünün minimum değeri için 7.1 mm kalınlığındaki malzemenin kullanıldığı model daha uygun görülmektedir.
- Sadece toplam deformasyon değeri 5.6 mm kalınlığındaki malzemenin kullanıldığı modelde 0.06 mm daha düşüktür.

Yapılan analizler sonucunda diğer değerler daha olumlu olduğu için meyve hasadına yardımcı platformun imalatında makas kollarında 140x80x7.1 mm ölçülerindeki malzeme kullanılmıştır.

#### Kaynaklar

- Bošnjak S, Petkovic' Z, Zrnic' N, Pantelic' Mand Obradovic' A (2010). Failure analysis and redesign of the bucket wheel excavator two-wheel bogie. *Engineering Failure Analysis* 17 (2010) 473–485.
- Da Silva EP, da Silva FM and Magalhães RR (2014). Application of Finite Elements Method for Structural Analysis in a Coffee Harvester. *Engineering*, 6, 138-147.
- He B, Wanga S and Gao F (2010). Failure analysis of an automobile damper spring tower. *Engineering Failure Analysis* 17 (2010) 498–505

- Park S, Lee J, Moon U and Kim D (2010). Failure analysis of a planetary gear carrier of 1200HP transmission. *Engineering Failure Analysis* 17 (2010) 521–529.
- Sfiru R, Constantin N, Ludig M, Cârdei P and Muraru V. (2014) comparative study of structural analysis applied to agricultural machine bodies and accomplished with solid works and auto desk inventor programs. *INMATEH - Agricultural Engineering*; May-Aug 2014, Vol. 43 Issue 2, p5
- Yıldız Y and Düzgün M (2010). Stress analysis of ventilated brake discs using the finite element method. *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 11, No. 1, pp. 133–138
- Yılmaz D, Hamamcı E, Salık D and Ahıskalı Y (2011). Structural Analysis of Agricultural Machinery: A Case Study For a Transport Chassis of a Spraying Machine. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)* 7 (4), 405-409.
- Wu-jiao X, Kai-qing W, Jie Z and Shao-gui D (2009). Experimental and computational failure analysis of TR upset-bending equipment for heavy crankshaft with continuous rainflow. *Engineering Failure Analysis* 17 (2010) 546–554.