

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin GÜÇÜM

**HİDROLİK ÇENELİ AĞAÇ BUDAMA APARATI PROTOTİPİ
TASARIMI VE İMALATI**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ
MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ADANA-2020

*Cennet Mekân Rahmetli Annem;
Fadime GÜÇÜM anısına...*

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HİDROLİK ÇENELİ AĞAÇ BUDAMA APARATI PROTOTİPİ
TASARIMI VE İMALATI**

Hüseyin GÜÇÜM

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Ahmet İNCE
Yıl: 2020, sayfa 71
Jüri : Prof. Dr. Ahmet İNCE
: Prof. Dr. Emin GÜZEL
: Doç. Dr. Erinc ULUDAMAR

Bu çalışmada budama işleminin daha kısa sürede gerçekleştirilebilmesi, başta operatör olmak üzere çalışanların iş güvenliği ve sağlığı riskleri, sosyo-teknik sistem güvenilirliği ve çevresel riskler göz önüne alınarak çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal güvenliğinin sağlanabilmesi için mobil vinçlerde kullanılabilecek prototip hidrolik çeneli bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Tasarımını ve imalatı yapılan budama aparatı; hareketli iki koldan oluşan bir çene, kesimi gerçekleştirecek bir zincirli testere, testerenin dönmesini sağlayan bir motor, testerenin açılıp kapanmasını ve çenenin 90° hareketini sağlayan pnömatik pistonlardan ve aparatın kendi eksenini etrafında dönmesini sağlayan rotatordan oluşmuştur.

Aparat, kesilmesi düşünülen ağaç dalının dikey ve yatay pozisyonu bilinmediği için kendi ekseninde 360°, dikeyde 90° dönebilmektedir. Bütün platformdaki pnömatik donanımlar Elektro Manyetik Valf merkezi ile kumanda edilmektedir. Kumandalama sistemi RF (Radio Frekansı) ile kontrol edilmektedir.

Yapılan işlevsel denemelerde, aparatın kendisinden beklenen fonksiyonel hareketleri gerçekleştirebildiği, aparatın tasarım kısıtlamaları nedeniyle maksimum 120 mm çapına kadar olan temsili ağaç dallarında yakalama ve kesme işlemlerini başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Budama, Otomasyon, İş ve İşçi Güvenliği, Tasarım, Prototip.

ABSTRACT

MSc THESIS

DESIGN AND MANUFACTURING OF HYDRAULIC JAW TREE PRUNING APPARATUS PROTOTYPE

Hüseyin GÜÇÜM

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY AND
TECHNOLOGIES ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet İNCE
Year: 2020, pages 71
Jury : Prof. Dr. Ahmet İNCE
: Prof. Dr. Emin GÜZEL
: Assoc. Prof. Erine ULUDAMAR

In this study, it was aimed to design and manufacture a hydraulic jaw pruning apparatus prototype that can be used with mobile cranes to ensure the safety of workers and third parties and to perform pruning in a shorter time by taking into account occupational safety and health risks, socio-technical system reliability and environmental risks.

The pruning apparatus consists of a movable jaw, a chain saw to perform the cut, a motor that allows the saw to rotate, the pneumatic pistons that allow the saw to open and close, and the 90° movement of the jaw, and a rotator that allows the apparatus to rotate around its axis..

Since the vertical and horizontal position of the tree branch, which is thought to be cut, is unknown, it can rotate 360° on its axis and 90° on vertical. Pneumatic equipment in the whole platform is controlled by the Electro Magnetic Valve center. The control system is managed by RF (Radio Frequency).

In functional trials, it has been observed that the apparatus can perform the expected functional movements. Due to the design constraints of the apparatus, it has been determined that it successfully performs the capture and cutting operations in representative tree branches up to a maximum diameter of 120 mm.

Key Words: Pruning, Automation, Work and Safety, Design, Prototype.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Yüksekliği on metre ve üzerinde olan ağaç dallarının aşırı büyümesi nedeniyle şiddetli yağmur ve rüzgârlarda kırılma riski artmakta ve durum can ve mal güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Bu şekilde büyüyen ağaçlarda tehlike yaratan dalların kesilmesi ve yaşlı ağaçların gençleştirilmesi için “Sert Budama” yöntemi ile budanması gerekmektedir. Budama esnasında budama yapan personelin can güvenliğini sağlanması, kesilen dalların istenmeyen noktalara düşmesinin engellenerek can ve mal güvenliğini tehlikeye atmasının önüne geçilmesi için kesilen dalın kontrollü bir şekilde yere indirilmesi önemli bir işlemdir. Bu işlem, tekniğine uygun bir şekilde yapılmadığı takdirde can ve mal güvenliği açısından istenmeyen durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Uygulamada sert budama amacıyla kullanılan, farklı tasarımlara ve çalışma sistemlerine sahip aparatlar bulunmaktadır. Bununla birlikte, ülkemizde bu tip budamayı yapabilecek bir aparat mevcut değildir. Bu tip iş ve işlemler için ülkemizdeki yerleşik uygulamada iki adet mobil vinç kullanılarak yapılmaktadır. Birinci vinçte sepet içine giren personel halat ve zincirli testere ile yüksek irtifaya çıkmaktadır. Elindeki halatı kesilecek olan dala bağlamakta ve halatı ikinci vincin kancasına takarak zincirli testereyi sepet içinde çalıştırarak kesme işlemini tamamlamaktadır. Kesim işlemi tamamlandığında ikinci vincin kesilen dalı yere indirmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem maliyeti yüksek ve zaman alıcı bir işlemdir. En önemlisi iş ve işçi güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Bu esnada halatın kopması, kesilen ağacın kütle merkezinin yanlış tahmin edilerek istenmeyen bir yöne düşmesi sonucu maddi hasar, yaralanmalı ve ölümcül sonuçlu iş kazaları meydana gelmektedir.

Buradan hareketle, bu çalışmada budama işleminin daha kısa sürede gerçekleştirilebilmesi, başta operatör olmak üzere çalışanların iş güvenliği ve sağlığı riskleri, sosyo-teknik sistem güvenilirliği ve çevresel riskler göz önüne alınarak çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal güvenliğinin sağlanabilmesi için mobil

vinçlerde kullanılabilecek prototip hidrolik çeneli bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Tasarımı ve imalatı yapılan budama aparatı; hareketli iki koldan oluşan bir çene, kesimi gerçekleştiren bir zincirli testere, testerenin dönmesini sağlayan bir motor, testerenin açılıp kapanmasını ve çenenin 90° hareketini sağlayan pnömatik pistonlardan ve aparatın kendi ekseninde dönmesini sağlayan rotatordan oluşmuştur. Aparattaki pnömatik donanımlar Elektro Manyetik Valf merkezi ile kumanda edilmektedir. Kumandalama sistemi ise RF (Radio Frekansı) ile kontrol edilmektedir.

Aparat bir prototip olduğundan boyutları küçük tutulmuştur. Bu nedenle aparatın hareketlendirilmesinde, küçük boyutta hidrolik piston bulunmadığından aparata hareket pnömatik sistem tarafından verilmiştir. Bu durumda da aparat üzerinde kullanılan zincirli testere yeterli kesme gücüne sahip olmadığından, işlevsel denemeler poliüretan köpük malzemelerden yapılan temsili ağaç dalları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan işlevsel denemelerde, aparatın kendisinden beklenen fonksiyonel hareketleri gerçekleştirebildiği, aparatın tasarım kısıtlamaları nedeniyle maksimum 120 mm çapına kadar olan temsili ağaç dallarında yakalama ve kesme işlemlerini başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Çalışmada bu tip bir ağaç budama aparatının insansız şekilde, uzaktan kumandalı olarak yüksek irtifalarda çalışabileceği, tasarım boyutlarına bağlı olarak istenilen kalınlıktaki dalları çenesi ile yakalayabileceği ve kesim işlemini gerçekleştirebileceği, kesilen dalları kontrollü bir şekilde istenilen bir bölgeye indirilerek çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal kaybının önüne geçilmesinde güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında bilgilerini benimle paylaşan ve çalışmamı yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet İNCE'ye teşekkür ederim. Ayrıca desteklerinden dolayı, Sayın Dr. Melih Yavuz ÇEVİK'e, Sayın Prof. Dr. Ali BAYAT'a, Sayın Prof. Dr. Kubilay Kazım VURSAVUŞ'a, Sayın Doç. Dr. Sait Muharrem SAY'a, imalat aşmasında her türlü makine teçhizat, donanım ve yazılım konusunda yardımlarını esirgemeyen Makine Mühendisi Özer ERDEM'e, her zaman yanımda olduğunu düşündüğüm yardımlarını esirgemeyen Turgay ALAN'a, talaşlı imalat kalemlerinde ustam Tarık DÖNMEZ'e, Pnömatik ve Hidrolik donanımlar konusunda fiziki ve teknik bilgilerini benimle paylaşan Makine Mühendisi Oğuzcan KÜTÜK'e, teknik konularda yardımlarını esirgemeyen Makine Mühendisi Emre BİNGÜLLÜ'ye, katkıları, destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Budama ve Önemi.....	1
1.1.1. Dairesel Testereli Budama Aparatı.....	2
1.1.2. Tutucu Mekanizmalı Dairesel Testereli Budama Aparatı	3
1.1.3. Zincirli Testereli Budama Aparatı	4
1.1.4. Daire Testereli Dönerli Budama Aparatı.....	5
1.1.5. Tutucu Mekanizmalı Zincirli Testereli Budama Aparatı.....	6
1.1.6. Hidrolik Makaslı Budama Aparatı	7
1.2. Ülkemizde Yüksek Budama Uygulaması	8
1.3. Çalışmanın Amacı.....	13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
3. MATERYAL ve METOD	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Prototip Aparat.....	21
3.1.1.1. Rotator (Döndürücü).....	21
3.1.1.2. Zincirli Testere	22
3.1.1.3. Zincirli Testere Tahriki.....	23
3.1.1.4. Pistonlar.....	24
3.1.1.5. Elektro Manyetik Valf Merkezi.....	25

3.1.1.6. Kumanda Röleleri.....	25
3.2. Metod	27
3.2.1. Rotator Güç Hesaplaması	28
3.2.2. Piston Hesaplamaları	30
3.2.3. Kumanda Sistemleri	30
3.2.4. Prototipin Tasarım Çizimleri	31
3.2.5. Prototipin Mekanizma Çözümleri	31
3.2.6. Prototipin Statik Kuvvet Analizleri	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	33
4.1. TASARIM ve İMALAT	33
4.1.1. Hesaplamalar ve Çözümlemeler	33
4.1.1.1. Prototip Dinamik Mekanizma Çözümleri.....	33
4.1.1.1.(1). Prototip Çene Dinamik Mekanizma Çözümü	33
4.1.1.1.(2). Prototip Dikey Manevra Dinamik Mekanizma Çözümü	35
4.1.2. Rotator Güç Hesabı	37
4.1.3. Piston Hesaplamaları	38
4.1.4. Kumanda Sistemleri	39
4.1.4.1. Elektrik Kumanda Sistemleri.....	39
4.1.4.2. Pnömatik Kumanda Sistemleri.....	41
4.1.5. Prototipin Tasarım Çizimleri	43
4.1.5.1. Prototip Çene Tasarımı	43
4.1.6. Prototipin Statik Kuvvet Analizleri	53
4.1.6.1. Prototip Çene Statik Kuvvet Analizi.....	53
4.1.6.2. Prototipin Dikey Manevra Mekanizması Kuvvet Çözümleri..	56
4.2. İmalat ve Montaj	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Prototip çene statik kuvvet yükler ve fiktürler	53
Çizelge 4.2. Prototip çene statik kuvvet yük tanımlaması	54
Çizelge 4.3. Prototip çene tepki kuvvetleri	54
Çizelge 4.4. Prototip çene tepki kuvvetleri etüt sonuçları	54
Çizelge 4.5. Prototip çene yer değiştirme etüt sonuçları.....	55
Çizelge 4.6. Prototip çene eşdeğer gerilme etüt sonuçları	56
Çizelge 4.7. Prototip dikey manevra statik kuvvet yükler ve fiktürler.....	57
Çizelge 4.8. Prototip dikey manevra statik kuvvet yük tanımlaması	57
Çizelge 4.9. Prototip dikey manevra tepki kuvvetleri.....	57
Çizelge 4.10. Prototip dikey manevra tepki kuvvetleri etüt sonuçları	58
Çizelge 4.11. Prototip dikey manevra yer değiştirme etüt sonuçları	59
Çizelge 4.12. Prototip dikey manevra gerilme etüt sonuçları	59



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Dairesel testereli budama aparatı	3
Şekil 1.2. Tutucu mekanizmalı dairesel testereli budama aparatı	4
Şekil 1.3. Zincirli testereli budama aparatı	5
Şekil 1.4. Daire testereli dönerli budama aparatı	6
Şekil 1.5. Tutma aparatlı zincirli testereli budama aparatı.....	7
Şekil 1.6. Hidrolik makaslı budama aparatı	8
Şekil 1.7. Yüksek irtifada iki personel ile yapılan sert budama	8
Şekil 1.8. İki adet mobil vinç kullanılarak sert budama ile kesim.	9
Şekil 1.9. Kesilen dalın halatla tutulması.....	9
Şekil 1.10. Yüksek irtifada kesim anı	10
Şekil 1.11. Kesilen dalın güvenli bölgeye indirilmesi	10
Şekil 1.12. Ağaç kesimi yaralanmalı iş kazası.....	11
Şekil 1.13. Kesilen dalın araç üzerine düşmesi sonucu maddi hasar	12
Şekil 1.14. Kesilen dalın ev üzerine düşmesi sonucu maddi hasar	12
Şekil 2.1. Tomruk kesim aparatı	15
Şekil 2.2. Tomruk kesim ve nakliye aparatı.....	16
Şekil 2.3. Dikdörtgen açıklıklı Dogleg çenesi.....	17
Şekil 2.4. Dogleg çenesi iş makinesi montajı.....	17
Şekil 2.5. Çeneli testere yan görünüş	18
Şekil 2.6. Çeneli testere ön görünüş.....	18
Şekil 2.7. Çeneli testere kesim anı	19
Şekil 2.8. Çeneli testere kesim bitim anı.....	19
Şekil 3.1. Tasarımı ve imalatı yapılan aparatın şematik resmi.....	21
Şekil 3.2. Zincirli testere (91 ayak).....	22
Şekil 3.3. Zincirli testere düzeneği.....	23
Şekil 3.4. Hidrolik orbit motor.....	23
Şekil 3.5. Planet dişli sistemi	24

Şekil 3.6. Pnömatik piston	25
Şekil 3.7. Elektro manyetik valf merkezi.....	25
Şekil 3.8. Röle	26
Şekil 3.9. Tasarım aşamaları	27
Şekil 4.1. Prototip çene mekanizma tasarım	33
Şekil 4.2. Prototip çene mekanizma uzuv ve mafsalları numaralandırma.....	34
Şekil 4.3. Prototip dikey manevra mekanizma tasarım.....	35
Şekil 4.4. Prototip dikey manevra uzuv ve mafsalları numaralandırma.....	36
Şekil 4.5. Aparat dönüş çap ölçüleri	37
Şekil 4.6. Elektrik sistemi kumandası bağlantı şeması	40
Şekil 4.7. Elektrik sistemi kumandası bağlantı uçları	41
Şekil 4.8. Pnömatik sistemi kumanda bağlantı şeması.....	42
Şekil 4.9. Çenenin önden ve yandan görünümü.....	43
Şekil 4.10. Çenenin perspektif görünümü.....	43
Şekil 4.11. Prototip çenenin tam açık pozisyonu.....	44
Şekil 4.12. Prototip çenenin tam açık pozisyonu perspektif görünümü.....	44
Şekil 4.13. Prototip çenenin minimum tutma çapı.....	45
Şekil 4.14. Prototip çenenin maksimum tutma çapı.....	45
Şekil 4.15. Prototip dikey birinci manevra.	46
Şekil 4.16. Prototip birinci manevra perspektif görünümü.	46
Şekil 4.17. Prototip ikinci manevra görünümü	47
Şekil 4.18. Prototip ikinci manevra perspektif görünümü	48
Şekil 4.19. Prototip kesme düzeneği üst görünümü.....	48
Şekil 4.20. Prototip kesme düzeneği kesit görünümü	49
Şekil 4.21. Prototip kesme düzeneği mekanizma kesim bitim.....	49
Şekil 4.22. Prototip kesme düzeneği kesim bitim kesit görünümü	50
Şekil 4.23. Prototip kesme düzeneği kesim bitim perspektif görünüm (üst)	51
Şekil 4.24. Prototip kesme düzeneği kesim bitim perspektif görünüm (alt).....	52
Şekil 4.25. Prototip çene statik yük dağılımları.	55

Şekil 4.26. Prototip dikey manevra yük dağılımı.....	58
Şekil 4.27. Prototip lazer kesim (a).....	60
Şekil 4.28. Prototip lazer kesim (b).....	60
Şekil 4.29. Prototip lazer kesim (c).....	61
Şekil 4.30. Talaşlı imalat	61
Şekil 4.31. Kaynak işlemleri.....	62
Şekil 4.32. Rotator montajı	62
Şekil 4.33. Prototip mekanik montaj.....	63
Şekil 4.34. Prototip pnömatik kumanda montaj (a)	63
Şekil 4.35. Prototip pnömatik kumanda montaj (b)	64
Şekil 4.36. Prototip elektrik kumanda montaj (a)	64
Şekil 4.37. Prototip elektrik kumanda montaj (b).....	65
Şekil 4.38. Prototip elektrik kumanda montaj (c)	65
Şekil 4.39. Prototip elektrik kumanda montaj (d).....	65
Şekil 4.40. Tasarımı ve imalatı tamamlanmış budama aparatı	66
Şekil 4.41. Tasarım ve imalatı tamamlanmış prototipin nihai montajı	66



SİMGELER VE KISALTMALAR

90AB	: 90 Aşağı Butonu
90AV	: 90 Aşağı Valfi
90YB	: 90 Yukarı Butonu
90YV	: 90 Yukarı Valfi
A_i	: Piston Boru Alanı (cm^2)
BS	: Basınç Sensörü
CAB	: Çene Açma Butonu,
CAV	: Çene Açma Valfi
CKB	: Çene Kapama Butonu
CKV	: Çene Kapama Valfi
COM	: Ortak Uç
D	: Çap
D_m	: Piston Mil Çapı (cm)
D_p	: Piston Boru Çapı (cm)
F	: Kuvvet (N)
$F_{\text{ç}}$	: Çekme Kuvveti (Kg)
F_i	: İtme Kuvveti (Kg)
J_m	: Dönme atalet kuvveti ($\text{Kg}\cdot\text{m}^2$)
KESB	: Kesme Butonu
KESR	: Kesim Rölesi
KESV	: Kesme Valfi
L_LIM	: Sol Limit

M	: K�t�le (Kg)
M _D	: Döndürme Momenti (Nm)
N	: Newton
n	: Devir sayısı (d/d)
NA	: Normalde Açık Kontak
NK	: Normalde Kapalı Kontak
Nm	: Newton Metre
P	: Pompa Basıncı (Bar)
r	: Dönen Cismin Yarıçapı (m)
R_LIM	: Sağ Limit
ROT_L	: Rotator Sol Rölesi
ROT_L_B	: Rotator Sol Butonu
ROT_R	: Rotator Sağ Rölesi
ROT_R_B	: Rotator Sağ Butonu
T	: Tork (N-m)
TST-R	: Testere Rölesi
V	: Doęrusal Hız (m/s)
α	: Dönen Cismin Açısal İvmesi (rad/sn ²)
ω	: Çevresel Hız (Rad/s)

1. GİRİŞ

İş güvenliği, işlerin yürütülmesi sırasında çalışma şartlarının ortaya çıkardığı risklerin; çalışanlara ve çevreye verebileceği zararların araştırılması ve önlenmesi için yapılan teknik ve sistemli çalışmalardır. Tanımda da görüldüğü gibi, iş yerindeki teknik düzenin yarattığı tehlikelerden korunmak için, araştırmaya yönelik çalışmaların metotlu yapılması gerekir. Bu metotlar sadece çalışanların iş kazalarına karşı korunması değil, kaza ortamının ortadan kaldırılmasına ilişkin çalışmaları da kapsar. Ancak, çalışanlara yönelik iş güvenliği ile yakından ilgili bulunan üç unsur vardır ki bunlar;

1. İş Güvenliği: İşin devamlı olması ve çalışana zararlı olmaması halidir.
2. İşletme Güvenliği: İşletmenin, çalışma şartlarına uygun bir şekilde düzenlenmiş, yapılan işe göre gerekli güvenlik tedbirlerinin alınmış olması halidir.
3. Üretim Güvenliği: İş yerinde üretilen maddenin satışının devamlı olması, ürünün çalışma ve topluma zarar vermeyecek şekilde muhafaza edilmesidir.

Bu üç güvenlik unsuru, bütün olarak çalışmaların güvenliğini sağlamış olur (Yıldırım, 1988).

Yüksekte yapılan budama işlemi de iş güvenliğinin önemli derecede ön plana çıktığı çalışma koşullarından bir tanesidir.

1.1. Budama ve Önemi

Ağaçlar genel olarak *Gymnospermae* (Açık Tohumlular/İbrelî Yapraklılar) ve *Angiospermae* (Kapalı Tohumlular/Geniş Yapraklılar) olarak ikiye ayrılır. İbrelî yapraklılarda tepe taçlarının düşürülmesi ağacın yaşamsal faaliyetini riske sokacağından bu tip ağaçların tepe tacı değil sadece altta kurumaya yüz tutmuş

dalları kesilir. Geniş yapraklı ağaçların özelliği ise sürekli sürgün vermesidir. Sürekli sürgün ile tepe tacı yükselir. Dallar yaprakların ağırlığını taşıyamaz duruma gelir. Yapraklı dönemlerde yağmurlu havalarda yapraklara tutunan suyun da ağırlığı nedeniyle yaşlı dallar kırılır. Tepe tacının kesilmesi ve yaşlı ağaçların yeni sürgün vererek gençleştirilmesi sağlanır. Bu yöntemle “Sert Budama” denir.

Yüksekteki ağaç dallarının aşırı büyümesi nedeniyle şiddetli yağmur ve rüzgârlarda kırılması can ve mal güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Ağacı kökten kesmek yerine aşırı büyüyen ağaçlarda tehlike yaratabilecek dalların tepe tacını düşürmek için “Sert Budama” yöntemi ile budanması gerekmektedir.

Kesim sırasında işlemi yapan kişinin can güvenliğini sağlanması, kesilen dalların istenmeyen noktalara düşmesinin engellenerek can ve mal güvenliğini tehlikeye atmasının önüne geçilmesi için kesim işleminin kontrollü bir şekilde yapılması ve kesilen dalların güvenli bir şekilde yere indirilmesi gerekmektedir. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde can ve mal güvenliği açısından telafisi mümkün olmayan durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Buna bir örnek olarak Adana’da 2017 yılında Adana Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Daire Başkanlığı İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü’ne 25 metre yüksekliğinde bir Okaliptüs (Eucalyptus) ağacının aşırı büyümesinden dolayı tehlike arz ettiği gerekçesi ile budanması işlemi sırasında 25 metre yükseklikten kesilen dal parçası aşağıdaki bir personelin üstüne düşerek personelin yaşamını yitirmesine yol açmıştır (Anonim, 2017).

Bu nedenle budama işlemlerinin iş ve işçi güvenliği, can ve mal kaybına neden olmayacak bir şekilde gerçekleştirilmesi önemli bir konudur. Dünyada bu ve benzeri işlemleri yapabilen farklı aparatlar ve yöntemler kullanılmaktadır.

1.1.1. Dairesel Testereli Budama Aparatı

Bu budama aparatında; kolun ucuna takılan hidrolik orbit motor ile tahrik edilen dairesel testere ile kesim yapılmaktadır. Kesim yapılacak ağaç dalının pozisyonuna göre kol aşağı yukarı hareket etmekte, testere kol ekseninde sabit

durmaktadır. Aparatın takıldığı kol hidrolik pistonlar yardımı ile uzayıp kısılabilmektedir. Kesimi yapılan dal parçası serbest olarak yere düşmektedir. Bu tip budama aparatları genelde kesilen dalın düşmesi için uygun genişlikte boş alanların olduğu bölgelerde kullanılmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Dairesel testereli budama aparatı

1.1.2. Tutucu Mekanizmalı Dairesel Testereli Budama Aparatı

Tutucu mekanizmalı dairesel testereli budama aparatında; kolun ucuna takılan hidrolik kavrama sistemi ile kesilecek dala yakalanmaktadır. Hidrolik orbit motor ile tahrik edilen dairesel testere kesim eksenine dik şekilde hidrolik piston ile bir kızıakta hareket ettirilmekte ve kesim yapılmaktadır. Kesim yapılacak ağaç dalının pozisyonuna göre kol aşağı yukarı ve sağ sola şeklinde hareket etmekte, aparat kol ekseninde sabit durmaktadır. Kesilecek dalın çapı kullanılan daire testerenin yarıçapı kadardır. Kesimi tamamlanan dal parçası uygun bir alana indirilmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Tutucu mekanizmalı dairesel testereli budama aparatı

1.1.3. Zincirli Testereli Budama Aparatı

Bu budama aparatında; kolun ucuna takılan hidrolik orbit motor ile tahrik edilen zincirli testere ile kesim yapılmaktadır. Kesim yapılacak ağaç dalının pozisyonuna göre kol aşağı yukarı, sağa sola ve ileri geri (uzayarak) hareket etmekte, testere kol ekseninde sabit durmaktadır. Kesim işlemi kol ucundaki eklemlili ikinci kolun açısal hareketi ile kesim yapılmaktadır. Kesimi yapılan dal parçası ile serbest yere düşmektedir. Bu tip budama aparatları genelde kesilen dalın düşmesi için uygun genişlikte boş alanların olduğu bölgelerde kullanılmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Zincirli testereli budama aparatı

1.1.4. Daire Testereli Dönerli Budama Aparatı

Daire testereli dönerli budama aparatında kesim işlemi, kol ucuna takılan hidrolik orbit motor ile tahrik edilen dairesel testere yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Kesim yapılacak ağaç dalının pozisyonuna göre kol aşağı yukarı hareket etmekte, testere kol ekseninde 180° dönebilmektedir. Kesimi yapılan dal parçası serbest yere düşmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Daire testereli dönerli budama aparatı

1.1.5. Tutucu Mekanizmalı Zincirli Testereli Budama Aparatı

Bu budama aparatında kesici kol ucunda yer düzlemine dik pozisyonda durmakta ve kendi ekseninde sağ ve sola 360° dönmektedir. Kesim aparatın üstünde bulunan hidrolik orbit motor ile tahrik edilen zincirli testere ile yapılmaktadır. Kesilecek dal hidrolik kollar ile tutulmakta ve kesimi yapılmaktadır. Kesimi yapılan dal dikey pozisyondan yatay pozisyona alınarak yine hidrolik motorlara bağlanmış bir tekerlek yardımı ile kesilen dalın aparat yatay hareketi ile ilerlemekte ve ebatlama yapmaktadır. Bu tip budama aparatları düz ağaçların kesiminde (Tomruk hasadında) kullanılmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Tutma aparatlı zincirli testereli budama aparatı

1.1.6. Hidrolik Makaslı Budama Aparatı

Bu budama aparatı ile kesme işleminde kolun ucuna takılan hidrolik kavrama sistemi ile kesilecek ağaç dalı yakalanmaktadır. Kesim hidrolik pistonlar ile makaslama ilkesine göre çalışan kesme düzeni ile yapılmaktadır. Kesim yapılacak ağaç dalının pozisyonuna göre kol aşağı yukarı ve sağ sola şeklinde hareket etmekte, aparat kol ekseninde sabit durmaktadır. Bu tip aparatlar genelde Ekskavatörlerin (iş makineleri) kovası çıkarılarak bağlanmakta ve budamadan ziyade arazi ıslah çalışmalarında küçük ağaçların toprak seviyesinde kesimde kullanılmaktadır. Kesimi tamamlanan dal parçası uygun bir alana bırakılmaktadır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Hidrolik makaslı budama aparatı

1.2. Ülkemizde Yüksek Budama Uygulaması

Yüksekte yapılan sert budama işlemi ülkemizde iki adet mobil vinç kullanılarak yapılmaktadır. Birinci vinçte sepet içine giren iki personel halat ve zincirli testere ile yüksek irtifaya çıkmaktadır. Bir personel elindeki halatı kesilecek olan dala bağlamakta ve halatı ikinci vincin kancasına takmaktadır. İkinci personel de zincirli testereyi sepet içinde çalıştırarak kesme işlemini tamamlamaktadır. Şekil 1.7-1.11’de budama işleminin aşamaları görülmektedir.



Şekil 1.7. Yüksek irtifada iki personel ile yapılan sert budama



Şekil 1.8. İki adet mobil vinç kullanılarak sert budama ile kesim.



Şekil 1.9. Kesilen dalın halatla tutulması

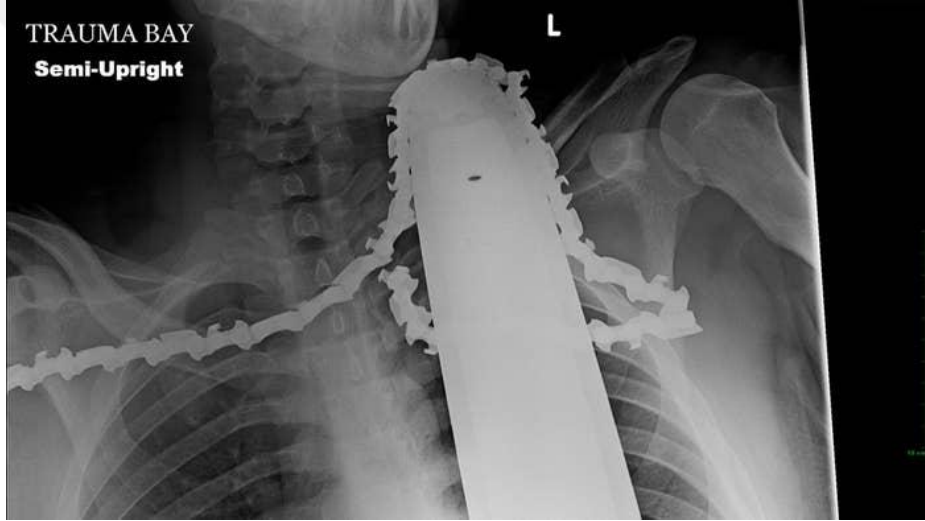


Şekil 1.10. Yüksek irtifada kesim anı



Şekil 1.11. Kesilen dalın güvenli bölgeye indirilmesi

Kesim işlemi tamamlandığında ikinci vincin kesilen dalı yere indirmesi sağlanır. Bu yöntem maliyeti yüksek ve zaman alıcı olup iş ve işçi güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Bu esnada halat kopabilmekte, kesilen ağaç kütle merkezi yanlış tahmin edilerek istenmeyen bir yöne düşebilmektedir. Ayrıca çalışanın dengesini kaybederek zincirli testere ile temas etme olasılığı da yüksektir. Kesilen dalın istenmeyen bir bölgeye düşmesi, personelin dikkatsizliği sonucu maddi hasar, yaralanmalı veya ölümcül sonuçlu iş kazaları meydana gelebilir ki yaşanmış birçok örneği mevcuttur (Şekil 1.12, 1.13, 1.14).



Şekil 1.12. Ağaç kesimi yaralanmalı iş kazası



Şekil 1.13. Kesilen dalın araç üzerine düşmesi sonucu maddi hasar



Şekil 1.14. Kesilen dalın ev üzerine düşmesi sonucu maddi hasar

Ormancılık alanında yapılan çalışmalar sırasında 1000 işçiden ortalama 300 tanesi yılda bir iş kazasına uğramakta ve ortalama kazaya uğrayan işçilerin 3 iş günü kaybettiğini ve maliyetleri çok yükselttiğini göstermektedir (Anonim, 1997; Acar ve Eroğlu, 2016). Örneğin İsveç'te bir milyon iş saatine, diğer endüstri kollarında 20 iş kazası düşerken bu sayının orman işçiliğinde 100'ü aştığı saptanmıştır (Gümüş ve Türk, 2011a). Ağaç kesme ve budama işlerinde en fazla motorlu testere ile çalışma sırasında iş kazaları meydana gelmektedir. Motorlu testere kullanırken oluşan kazaların işçilerin; % 11 baş, % 14 göz, % 7 kol, % 4 dirsek, % 34 el ve % 30 bacak bölgelerinde yaralanmalara sebebiyet vermektedir (Gümüş ve Türk, 2011b).

Bu iş kazalarının önlenmesi için iş güvenliği kurallarına uyulması ve iş kazalarını en az düzeye indirecek alet ve makinaların kullanılması gerekliliği birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Fadier ve De la Garza, 2006; Gürcanlı, 2011).

Son yıllarda yapılan çalışmalar ve gelişen teknoloji ile birlikte uzaktan kumandalı motorlu testere aparatları işçilerin ağaç üzerine çıkmadan güvenli mesafelerde ve kesilen dalların yere düşmesine izin verilmeden kesilmesine olanak sağlamaktadır (Anonim, 2019a, Anonim, 2019b; Anonim, 2019c).

İş kazaları ve meslek hastalıkları kaynaklı ölüm, yaralanmalara örnek teşkil edecek bir araştırmada iş kazalarının maddi kayıpları ile ilgili olarak İngiltere'de yapılan bir çalışmaya göre proje bedelinin %8,5'lik kısmı iş kazaları ve meslek hastalıkları kaynaklı ölüm, yaralanma, iş günü kaybı, sigorta ve sağlık masraflarına ayrılmak zorunda kalmaktadır. Bu çalışmayı 15 AB ülkesini kapsayan coğrafyaya yansıttığımızda 902 milyar Euro ciroya sahip bir boyuta ulaşan inşaat sektöründe, 75 milyar Euro'nun iş kazaları ve meslek hastalıkları kaynaklı giderlere harcandığı gerçeği açığa çıkmaktadır (HSE, 1997).

1.3. Çalışmanın Amacı

İş kazaları ve meslek hastalıkları kaynaklı ölüm, yaralanma ve maddi hasar vakalarının önüne geçmek için “İş Güvenliği İçin Tasarım” önem arz etmektedir.

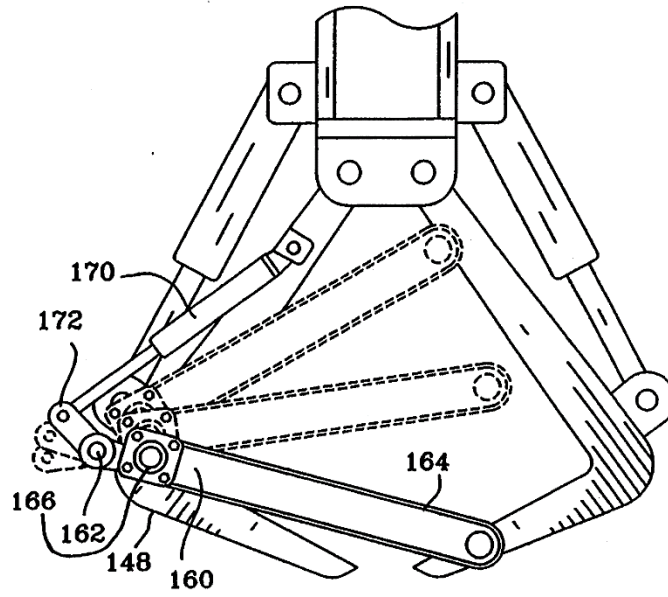
Yapılan ön araştırmalarda bu tür ekipmanların yurt dışında kullanıldığı ve satın alma bedellerinin yüksekliği nedeniyle ülkemizde kullanım oranlarının düşük olduğu belirlenmiştir. Konuya bu açıdan bakıldığında ve yerli yapım bir ağaç kesme ve budama aparatının ortaya konulması ve konuyla ilgili yurt içi literatür boşluğunun doldurulması bir gereklilik olarak görünmektedir.

Buradan hareketle, bu çalışmada operatör iş güvenliği ve sağlığı riski, sosyoteknik sistem güvenilirliği, çalışanlarla ilgili riskler, çevresel riskler açısından işi yapan personelin can güvenliği ile üçüncü şahısların can ve mal güvenliğini sağlamak için mobil vinçlerde kullanılabilecek prototip hidrolik çeneli bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

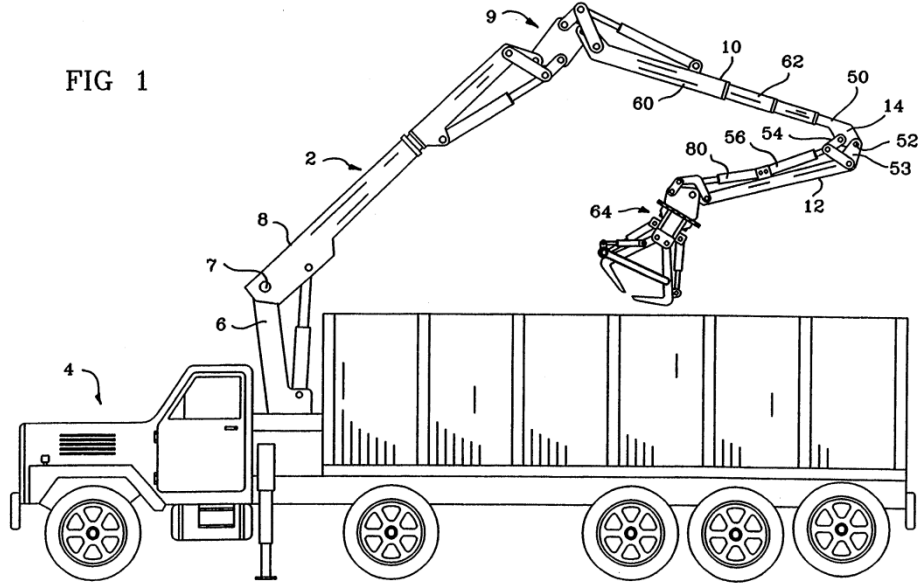
Terrence ve Bruce'un (1994) yaptıkları bir çalışmada tomruk hasadında kullanılmak üzere tutarak kesme düzeneğine sahip, taşıtın üzerine dönebilir şekilde monte edilebilecek ve bunun üzerinde dönecek şekilde monte edilmiş bir tutma kafasına sahip olan, eklemli bom içeren bir tutma tertibatı tasarımı yapmışlardır.

Bu tasarımda önceden kesimi yapılmış tomrukluk ağaçların belirli ölçülerde kesilerek kesim alanından istif alanına hızlı ve güvenli bir şekilde nakliyesini yapacak araçlara yüklenmesi amaçlanmıştır (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Tomruk kesim aparatı

FIG 1



Şekil 2.2. Tomruk kesim ve nakliye aparatı

Alva (1971) yaptığı bir tasarımda Ön Yükleyici (Loader) kepçenin kovası sökülerek kova bomuna monte edilebilen, kelepçe şeklinde bir çift çene içeren (Dogleg Çenesi), değişken boyutlu bir dikdörtgen açıklığı olan karşılıklı çift kenarlara sahip çeneler ile tutan, tutulan ağacı hidrolik motor ile tahrik edilen bir testere ile keserek ağacı yana yatıran bir tasarım yapmıştır. Yine bu tasarımda da tomruk hasadı yapılmaktadır (Şekil 2.3 ve Şekil 2.4).

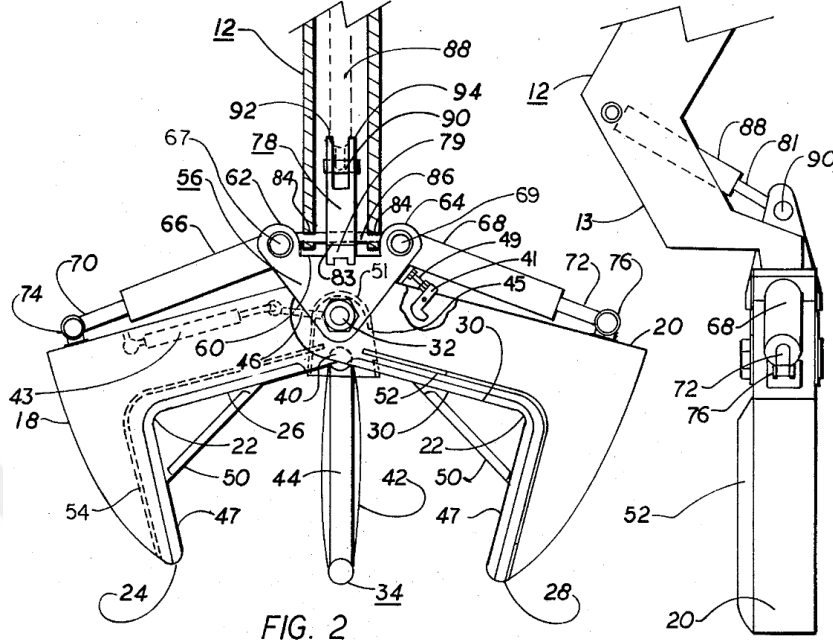
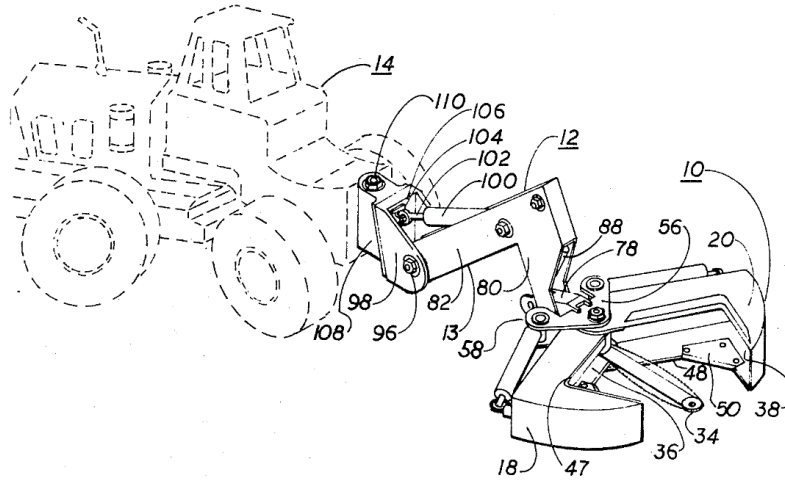


FIG. 2

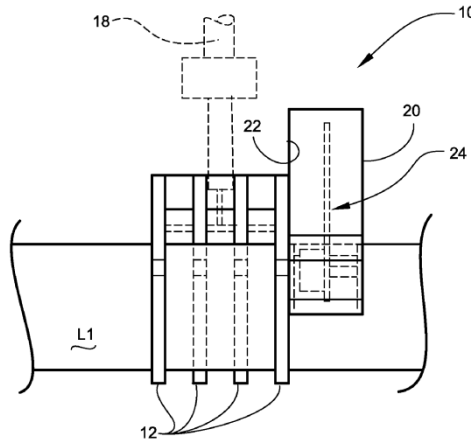
Şekil 2.3. Dikdörtgen açıklıklı Dogleg çenesi



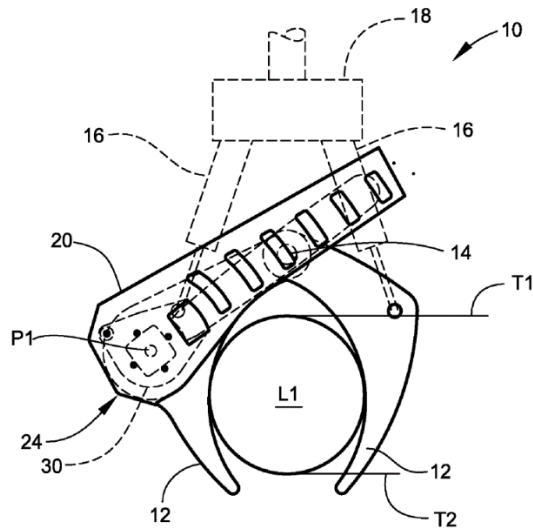
Şekil 2.4. Dogleg çenesi iş makinesi montajı

Calvin (2006) yaptığı bir tasarımda aralarında yatay duran bir kütüğü tutmak için aşağı doğru uzanan çenelere sahip açık ve kapalı pozisyonu ile bir tutma hareketi sağlanmaktadır. Çenelerin tuttuğu kütüğü kesmek için tutma yönüne paralel kesme

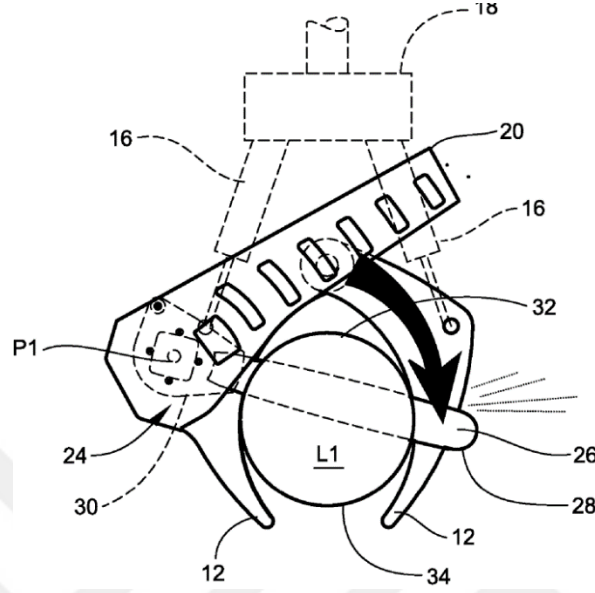
düzlemi ile başlangıç ve bitiş noktası arasında hareket edebilen bir testere bıçağına sahiptir. Testere bıçağının bitiş konumu kısıklara göre kesilmiş kütüğün serbest bükülmemesi için büyük ölçüde yataydır. Yine bu tasarımda da tomruk hasadı yapılmaktadır (Şekil 2.5 - 2.8).



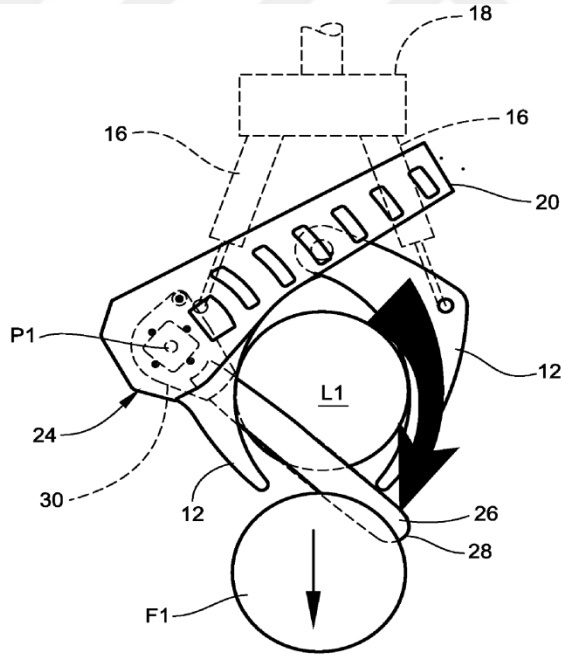
Şekil 2.5. Çeneli testere yan görünüş



Şekil 2.6. Çeneli testere ön görünüş



Şekil 2.7. Çeneli testere kesim anı



Şekil 2.8. Çeneli testere kesim bitim anı

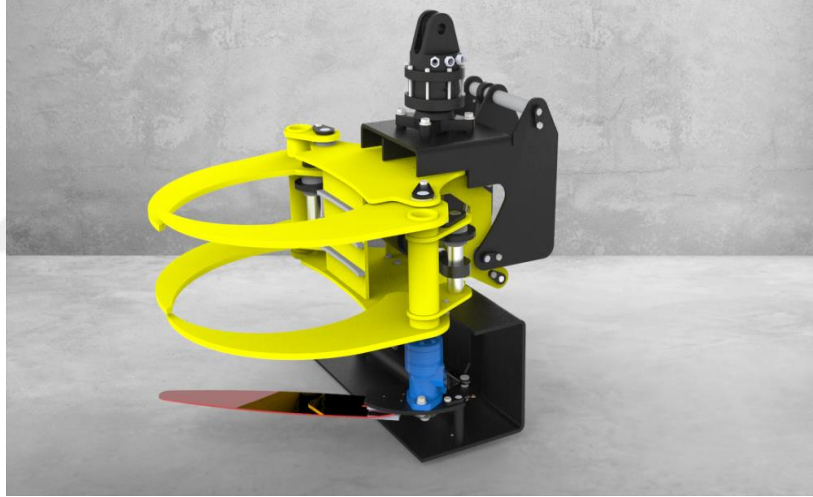


3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Prototip Aparat

Çalışmada tasarımı ve imalatı yapılan aparat hareketli iki koldan oluşan bir çene, kesim işlemini yapan zincirli bir testere, testerenin dönmesini sağlayan bir hidrolik motor, yine testerenin açılıp kapanmasını sağlayan ve çenenin 90° hareketini sağlayan hidrolik pistonlardan ve aparatın kendi ekseninde dönmesini olanak veren rotatordan (döndürücü) oluşmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Tasarımı ve imalatı yapılan aparatın şematik resmi

3.1.1.1. Rotator (Döndürücü)

Tasarımı gerçekleştirilen aparatın, kesilmesi düşünülen ağaç dalının dikeyde ve yataydaki pozisyonu bilinmediği için kendi ekseninde 360°, dikeyde 90° dönebilmesi gerekmektedir. Bu hareket hali hazırda uygulamada kullanılan aparatlarda hidrolik rotator tarafından sağlanmakla birlikte prototip için hidrolik rotator yerine 12 volt doğru akım ile çalışan redüktörlü bir DC Motor kullanılmıştır.

Hidrolik rotatorlar standart ölçülerde üretildiğinden tasarımını yapılan aparatta Redüktörlü DC Motor, zamana bağlı tur sayısında kumanda edebilmek için H-Bridge Multiwatt Entegre ile DC Motor Hız Kontrol Sürücü devresi kullanılmıştır.

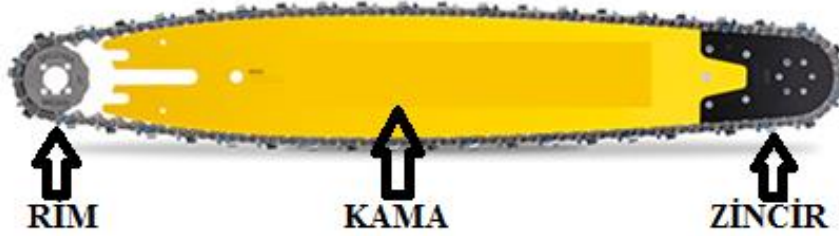
3.1.1.2. Zincirli Testere

Biyolojik materyallerin mekanik özellikleri ve zedelenme yöntemlerinden sürtünme ile aşınmayı kullanarak mekanik zedelenme sayesinde kesim işlemi sağlanmaktadır. Sürtünme direncine etki eden faktörler; normal basınç, kayma hızı, yüzey koşulları, nem ve çevre etkisi olarak sıralanabilir (Güzel, 1998). Kesim işlemi için rendeleme şeklinde yüzeye belirli bir açıda ve hızda sürekli şekilde sürtünme yaparak materyalden parça koparmak için zincirli testere kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Zincirli testere (91 ayak)

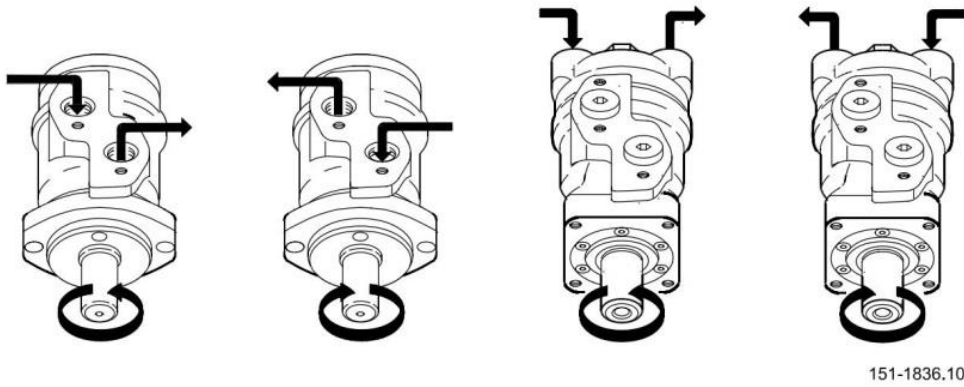
Zincirli Testere düzeneği; Zincir (Palet), Kama (Balta) ve Rim olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır (Şekil 3.3). Kesim yapan olan Zincirli Testere Bıçağı pnömatik piston ile hareket ettirilmektedir.



Şekil 3.3. Zincirli testere düzeneği

3.1.1.3. Zincirli Testere Tahriki

Gerçek boyutlu aparatlarda zincirli testere düzeneğinin tahriki için Hidrolik Orbit Motor kullanılmaktadır (Şekil 3.4). Hidrolik motor “hidrolik pompa tarafından üretilen hidrolik enerjiyi dairesel hareket enerjisine çeviren bir hidrolik mekanizma elemanı” olarak tanımlanmaktadır. Tasarımı planlanan prototipin boyutları düşünüldüğünde kesim için ihtiyaç duyulan gücü sağlayabilecek kadar küçük orbit motor bulunamayacağından zincirli testere düzeneğinin tahriki için Planet Dişli Sistemi’ne sahip bir doğru akım motoru kullanılmıştır (Şekil.3.5).



Şekil 3.4. Hidrolik orbit motor

Planet dişli sistemi de normal dişlilerde olduğu gibi iki dişlinin birbirini kavrayarak hareket alıp verme ilkesine göre çalışmaktadır. Bu hareket alınıp verilmesi sonucunda hız değişimi (moment değişimi) oluşturmaktadır (Megep, 2006).



Şekil 3.5. Planet dişli sistemi

3.1.1.4. Pistonlar

Kesilecek ağaç dallarının tutulması için Kol-Sarkaç mekanizmalarından faydalanılmıştır. Ağaç dalını tutmak (kavramak) için dairesel hareket eden iki adet metal çene tasarlanmıştır. Prototip çalışmasında çenelerin dairesel hareketini sağlayacak düzlemsel hareketli pnömatik piston kullanılmıştır. Çenenin tutabileceği dal çapı, dalın ağaçtaki pozisyonu, ağacın cinsi, yaprak yoğunluğu ve kütle yoğunlukları açısından, pistonun çenenin kapanması ve ağacın tutma hareketi için itme kuvveti, testere düzeneğinin kesim anında ise çekme kuvveti ön plana çıkmaktadır.

Tasarımı yapılan prototipin boyutları düşünüldüğünde çok küçük hidrolik piston bulunamayacağından ve özel imalatının da maliyetli olacağından dolayı Pnömatik (havalı) piston kol kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Pnömatik piston

3.1.1.5. Elektro Manyetik Valf Merkezi

Bütün platformdaki pnömatik donanımlar Elektro Manyetik Valf merkezi ile kumanda edilmiştir. Valf merkezi; kapalı çevrimdeki kullanılacak akışkanı kullanıcının ihtiyacına göre sevk eden valf gurubudur (Şekil 3.7).

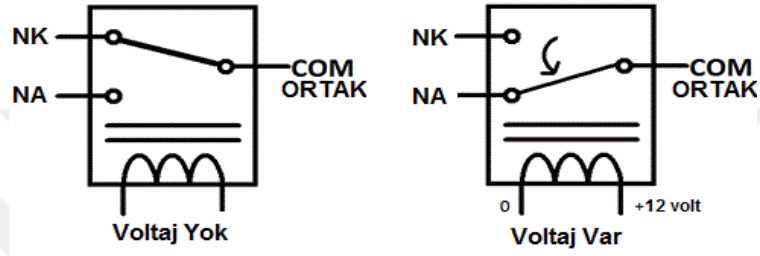


Şekil 3.7. Elektro manyetik valf merkezi

3.1.1.6. Kumanda Röleleri

Röle tanım olarak düşük voltaj ve akımlar kullanılarak yüksek voltaj ve akım ihtiyacı olan almaçları (Elektriksel Yük) işleme almayı veya işlemi sonlandırmayı sağlayan bir elektrik devresi elemanıdır.

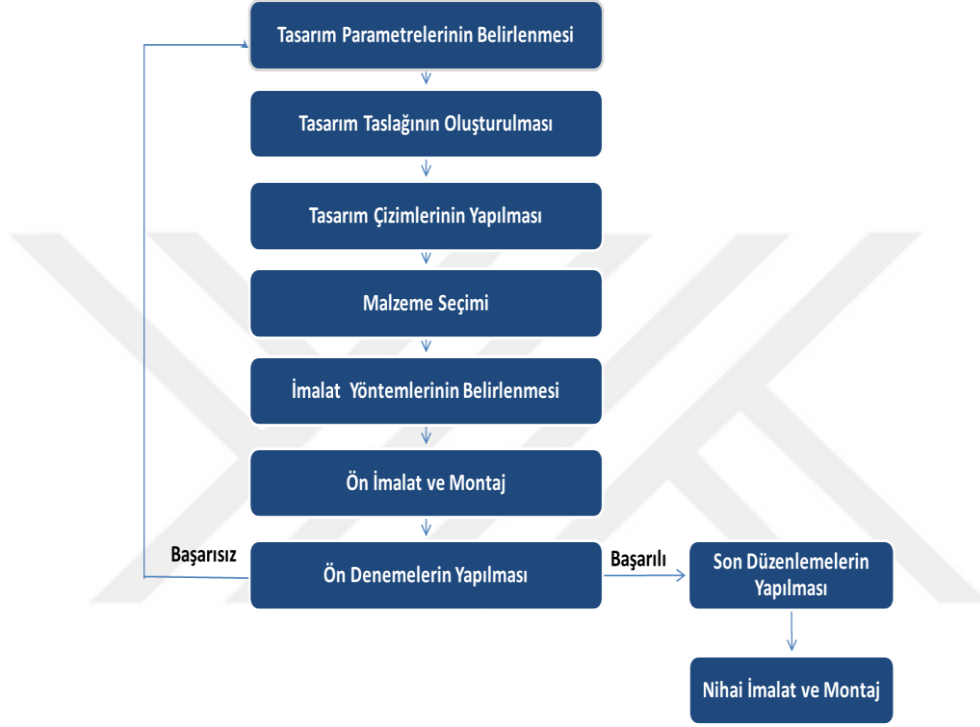
Röleler; üzerinde bulunan silisli sacdan yapılmış çekirdek üzerine bakır teller ile sarılmış bir bobine enerji verildiğinde oluşan elektro manyetik alan içerisinde kalan bir metal parçanın hareketi ile açık kontakların birbirine temasını sağlayan veya temas halindeki kapalı kontakların temasını kesme prensibi ile çalışırlar. Farklı kontak adeti ve yapısında imal edilmektedirler (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Röle

3.2. Metod

Her tasarım çalışmasında olduğu üzere bu çalışma da aşağıdaki işlemler izlenerek yürütülmüştür.



Şekil 3.9. Tasarım aşamaları

Tasarıma başlanmadan önce aşağıdaki kabullenmeler yapılmıştır:

1. Aparat bir döndürme mekanizmasından oluşmalı (Rotator).
2. Çene açılıp kapanabilmeli ve dikeyde 90° dönebilmeli.
3. Testere için bir güvenli bölge oluşturulmalı, kesim işleminden sonra testere güvenli bölgeye geri dönmeli.
4. Pnömatik olarak hareketlendirilmeli.

3.2.1. Rotator Güç Hesaplaması

Prototipte kullanılacak Redüktörlü DC Motor için güç aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

Döndürme Momenti ve Güç

$$M_D = \frac{1}{2} * F * D \quad (3.1)$$

$$P = \frac{T * n}{9550} \quad (3.2)$$

Burada;

M_D : (Nm)

F: N

D: Çap (m)

P: Motor Gücü (kW)

T: Döndürme Torku (Nm)

n: Devir (d/d)'dır.

Açısal Hız

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60} \quad (3.3)$$

Burada;

ω : Rad/s

n: d/d'dır.

Çevresel Hız ve Açısal İvme

$$V = \omega * r \quad (3.4)$$

$$\alpha = \omega * V \quad (3.5)$$

$$\alpha = \omega^2 * r \quad (3.6)$$

Burada;

V: m/s

r: Yarı çap (m)

ω : Rad/s

A: rad/s²'dir.

Döndürme Torku

$$T = J_m * \alpha \quad (3.7)$$

$$J_m = \frac{M}{2} * r^2 \quad (3.8)$$

Burada;

T: Tork (Nm)

M: Dönen cismin kütlesi (Kg)

Jm: Dönme atalet kuvveti (Kg-m²)

α : Dönen cismin açısal ivmesi (rad/sn²)

r: Dönen cismin yarıçapı (m)'dir.

3.2.2. Piston Hesaplamaları

Pistonun itme kuvvetine (F_i) ve çekme kuvvetine ($F_ç$) bağlı olarak piston çapları; aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$F_i = P * A_i \quad (3.9)$$

$$A_i = \pi * \left(\frac{D_p}{2}\right)^2 \quad (3.10)$$

$$F_ç = P * A_ç \quad (3.11)$$

$$A_ç = \pi * \left(\left(\frac{D_p}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_m}{2}\right)^2 \right) \quad (3.12)$$

Burada;

F_i : İtme Kuvveti (kg)

$F_ç$: Çekme Kuvveti (kg)

P: Pompa Basıncı (Bar)

A_i : Piston Boru Alanı (cm²)

D_p : Piston Boru Çapı (cm)

D_m : Piston Mil Çapı (cm)'dir.

3.2.3. Kumanda Sistemleri

Elektriksel ve Pnömatik kumanda sistemlerinin tasarımı ile çalışma sistem döngüsünü test etmek amacıyla “Festo FluidSIM v4” bilgisayar programı kullanılmıştır.

3.2.4. Prototipin Tasarım Çizimleri

Prototipin tasarım çizimler ve teknik resim çizimleri Solid Works 3D CAD üç boyutlu katı modelleme programında yapılmıştır.

3.2.5. Prototipin Mekanizma Çözümleri

Serbestlik derecesi; Bir mekanizmanın hareketli uzuvlarının konumunu sabit uzva göre belirlemek için gerekli olan ve birbirinden bağımsız parametre sayısıdır. Ya da mekanizmaların çıkış uzvunun belirlenen yörüngedeki hareketini sağlamak için ihtiyaç duyulan tek hareketli giriş uzvu sayısına serbestlik derecesi denir (Doğan, 2016).

Düzlemsel hareketli kayar ve döner mafsallı mekanizmalarda serbestlik derecesi aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$F = 3n - 3 - 2j \quad (3.13)$$

Burada;

F: Serbestlik Derecesi

n: Uzuv Sayısı

j: Mafsal Sayısı (Kayar ve Döner Mafsallar Toplamı)'dır.

Bu denkliğe göre düzlemsel mekanizmaların serbestlik dereceleri uzuv sayılarına, mafsalları ile mafsalları çeşidine bağlı olup uzuv uzunluklarından bağımsızdır (Doğan, 2016).

Uzuv uzunluklarının farklı belirlenmesi mekanizmadan elde edilebilecek çıkış hareketinin niteliğini değiştirir.

Serbestlik derecesi $F = 1$ için “Mecburi Hareketli Mekanizma” elde edilir. Bu durumda serbestlik derecesi denkliği;

$$1 = 3n - 3 - 2j \quad \text{den} \quad 2j - 3n + 4 = 0$$

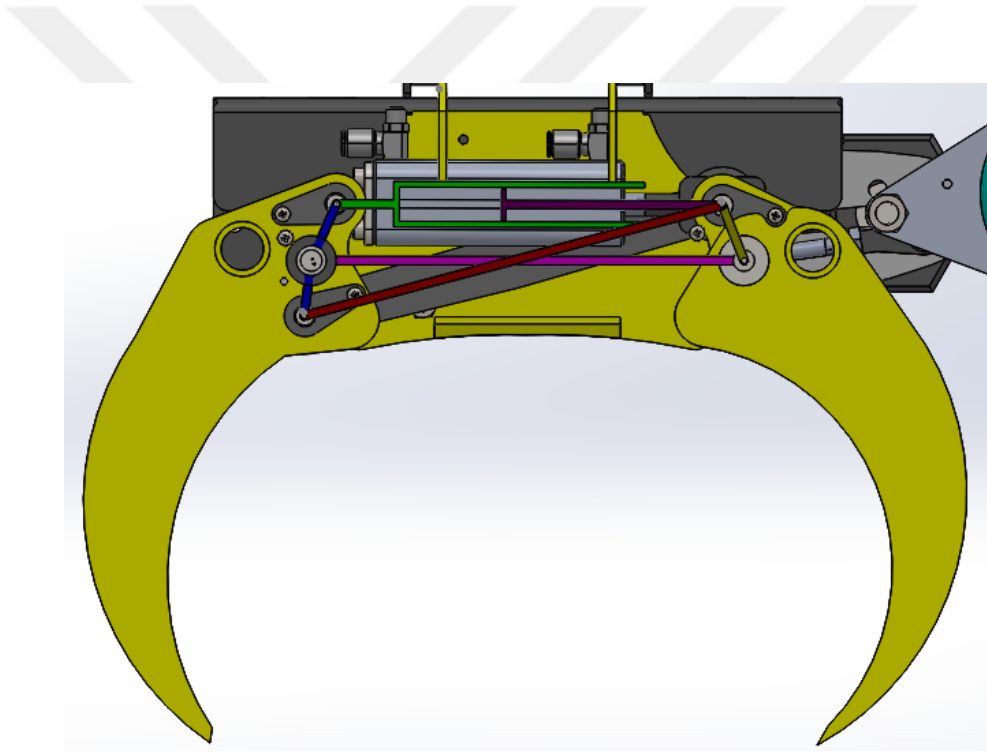
Şeklinde olur. Bu eşitliğe “Grübler Mecburi Hareketlilik Eşitliği” denir. Genel olarak kullanılmakta olan makinalardaki mekanizmaların çoğunluğu mecburi hareketli düzlemsel mekanizmalardır. Bir mekanizmada tahrik edilecek olan ve sabit uzvun seçimine bağlı olarak farklı işleyen mekanizmalar elde edilebilir. Belirli bir uzvu tahrik edilmiş, mecburi hareketli mekanizmalara “Yönlendirilmiş Mekanizma” denir. Özetle, “Bir makina belirli bir işlemi (enerji iletimi, dönüştürme, salınım veya iş yapma) yerine getirmek maksadıyla tasarlanmış ve yönlendirilmiş bir mekanizmadır” sonucu ortaya çıkar.

3.2.6. Prototipin Statik Kuvvet Analizleri

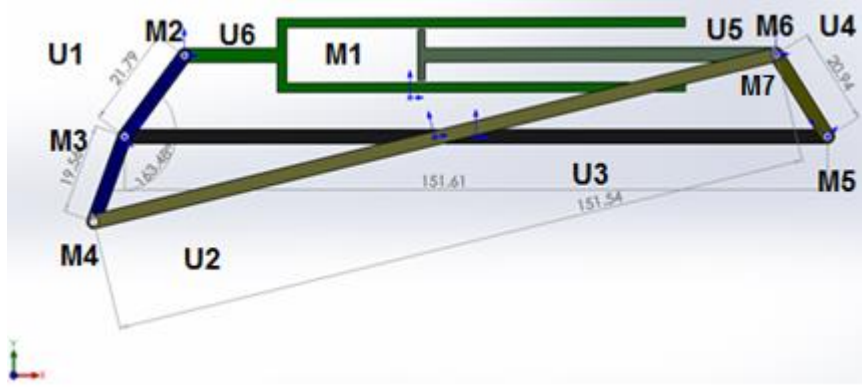
Tasarım çizimleri tamamlanan prototipin statik kuvvet analizleri Solid Works 3D CAD üç boyutlu katı modelleme programının Solid Simulation eklentisi yardımı ile yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA**4.1. TASARIM ve İMALAT****4.1.1. Hesaplamalar ve Çözümlemeler****4.1.1.1. Prototip Dinamik Mekanizma Çözümleri****4.1.1.1.(1). Prototip Çene Dinamik Mekanizma Çözümü**

Çözümü yapılan çene hareketlendirici mekanizma Şekil 4.1 ve 4.4’de görülmektedir. Şekilden hareketle mekanizmanın serbestlik derecesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Prototip çene mekanizma tasarım



Şekil 4.2. Prototip çene mekanizma uzuv ve mafsalları numaralandırma

Şekillerden görüldüğü üzere mekanizma 6 adet uzuv (U1, U2, U3, U4, U5, U6) ve 7 adet mafsaldan (M1 (kayar mafsalları), M2, M3, M4, M5, M6, M7 döner mafsalları) oluşmaktadır. Burada M6 ve M7 ikili mafsalları oluşturmaktadır. Buradan mekanizmasının serbestlik derecesi eşitlik (3.13)'den aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$F = 3n - 3 - 2j$$

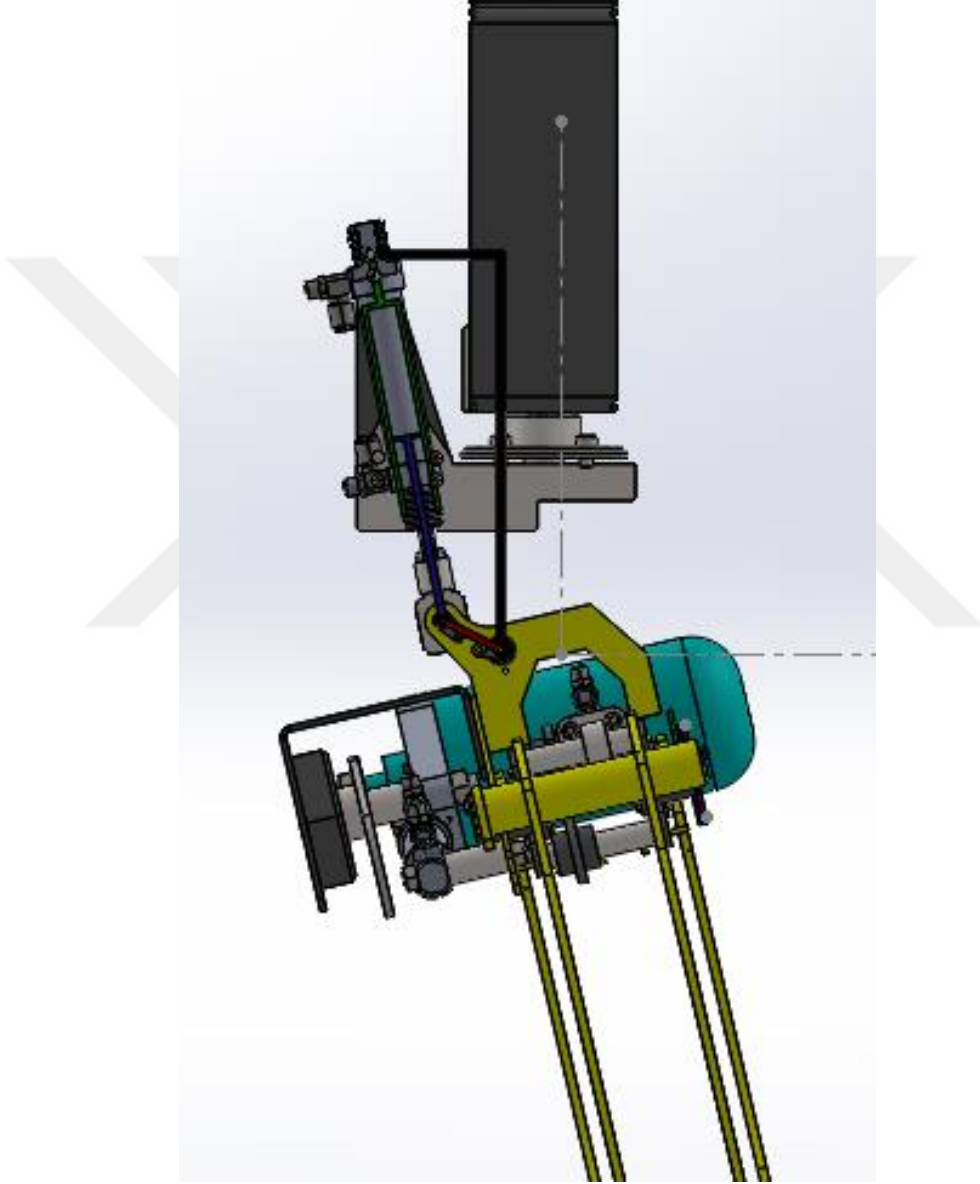
$$F = (3 \times 6) - 3 - (2 \times 7)$$

$$F = 1$$

Serbestlik derecesinin 1 çıkması mekanizmanın tek bir hareket yönüne sahip olduğunu ifade etmektedir.

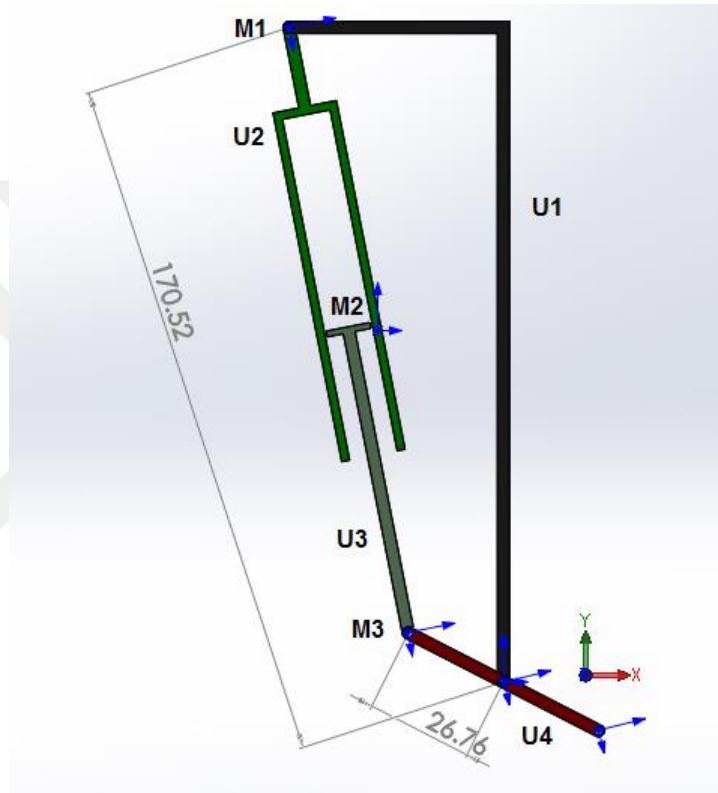
4.1.1.1.(2). Prototip Dikey Manevra Dinamik Mekanizma Çözümü

Dikey manevra mekanizmasının çözümü Şekil 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Prototip dikey manevra mekanizma tasarım

Dikey manevra mekanizmasının uzuv sayısı şekilden de görüldüğü üzere 4'tür (U1, U2, U3, U4). Aynı zamanda mekanizma 4 adet mafsala (1 adet kayar, 3 adet döner mafsala) sahiptir (M1, M2, M3, M4).



Şekil 4.4. Prototip dikey manevra uzuv ve mafsala numaralandırma

Değerler formülde yerine konulduğunda mekanizmanın serbestlik derecesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$F = 3n - 3 - 2j' \text{ den}$$

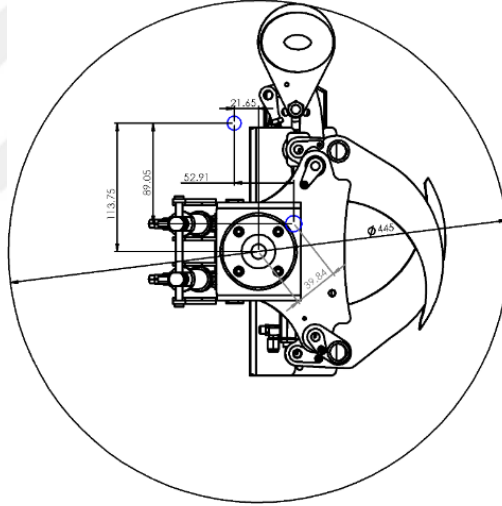
$$F = (3 \times 4) - 3 - (2 \times 4)$$

$$F = 1$$

Serbestlik derecesinin 1 çıkması mekanizmanın tek bir hareket yönüne sahip olduğunu ifade etmektedir.

4.1.2. Rotator Güç Hesabı

Aparat boş kendi ekseninde dönerken veya kesilmek istenen ağaç dalını kestikten sonra dönüş esnasındaki ivme ile üzerindeki yük ve kütle merkezine bağlı olarak atalet momenti oluşacaktır. Oluşan atalet momentinin bir anda sıfırlanması mümkün olamayacaktır. Bu nedenle açısal hız ve buna bağlı ivmeyi minimum seviyede tutmak için aparatın kendi eksenindeki 360°'lik dönüşü maksimum 10 d/d olarak kabullenilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Aparat dönüş çap ölçüleri

Prototip aparatın tasarım ve imalat ölçülerine göre açısal hız hesaplanırken aparatın devir sayısı maksimum 10d/d ve dönme çapı 0,445m olarak alındığında eşitlik (3.3)'e göre açısal hız $1,05 \text{ rad/s}$ olarak hesaplanmıştır.

Açısal hıza göre çizgisel hız eşitlik (3.4)'den $0,234 \text{ m/s}$ olarak hesaplanmıştır.

Açısal hız ve çizgisel hıza bağlı olarak açısal ivme eşitlik (3.5)'den $0,246 \text{ rad/sn}^2$ olarak hesaplanmıştır. Açısal ivmeye bağlı olarak dönme atalet kuvveti eşitlik (3.8)'den $0,298 \text{ Kg.m}^2$ olarak ve döndürme torku eşitlik (3.7)'den $0,073 \text{ N.m}$ olarak hesaplanmıştır.

İhtiyaç duyulan motor gücü eşitlik (3.2)'den $0,076 \text{ W}$ olarak hesaplanmış olup prototipte kullanılan motor 7 watt'lık olduğundan ihtiyacı duyulan gücü karşılayacaktır.

4.1.3. Piston Hesaplamaları

Prototipte platformun 90° hareketi için kullanılan iki pistonun, kesme düzeni hareketi için kullanılan bir pistonun ve çenenin açılıp kapanması için kullanılan bir adet pistonun piston boru çapı 16 mm, mil çapı (Rot çapı) 6 mm'dir. Sistem basıncı 6 bar olarak düşünülmüştür.

Pistonun itme kuvvetine (F_i) ve çekme kuvvetine (F_c) bağlı olarak piston çapları eşitlik (3.9 - 3.12)'den piston itme kuvveti $12,06 \text{ kg}$ ve piston çekme kuvveti $10,38 \text{ kg}$ olarak hesaplanmıştır.

Bu yaklaşım sonucunda aparatın platformunun ağırlığı 5 kg 'dır. Ağırlık merkezinin mesnet mafsala uzaklığı 40 mm, piston mili mafsalının mesnet mafsala uzaklığı 26,47 mm olduğu kabul edilerek piston hareket mafsalının 90° 'lik hareketi için oluşacak moment değerleri birbirine eşitlenirse oluşacak kuvvet ihtiyacı $7,55 \text{ kg}$ olarak hesaplanmıştır. Bu durumda kullanılan piston çaplarının uygun olduğu belirlenmiştir.

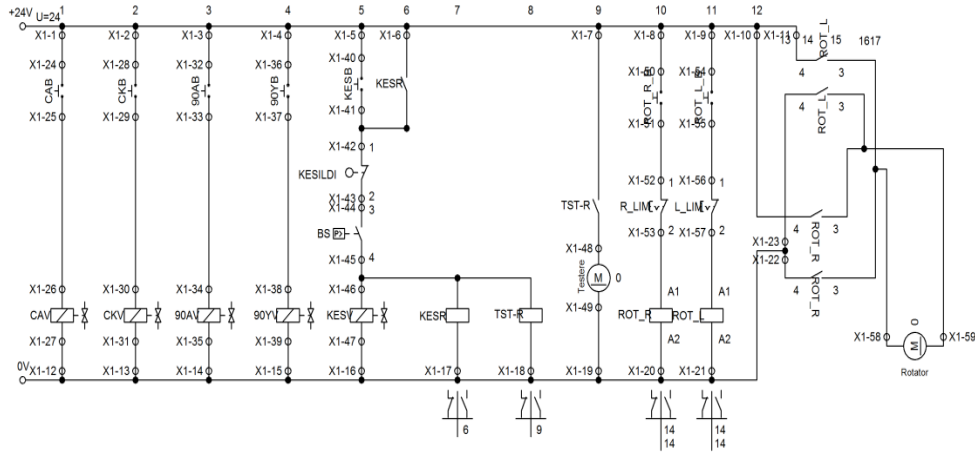
4.1.4. Kumanda Sistemleri

4.1.4.1. Elektrik Kumanda Sistemleri

Çenenin açılıp kapanması, platformun 90° aşağı-yukarı hareketi, kesme düzeninin hareketi için pnömatik sistem kumandasında kullanılan elektro manyetik valfleri kumanda edecek, zincirli testere tahrik motoru ve platformu kendi ekseninde 360 derece döndürecek redüktörlü motor için elektrik sistemi kumandasında şeması Şekil 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.

Elektrik sistemi kumanda şeması “Festo FluidSIM v4” programında tasarlanmış ve simüle edilmiştir. Şemaya göre CAB’ye (Çene Açma Butonu) basıldığında CAV (Çene Açma Valfi) enerjilenerek açılacak ve çeneler piston stroğunca açılacaktır. CKB’ye (Çene Kapama Butonu) basıldığında CKV (Çene Kapama Valfi) enerjilenerek açılacak ve çeneler çene içindeki kesilecek olan materyali kavrayacak şekilde kapanacaktır. Kapanma işlemi devam ederken çene kapama basınç hattındaki BS (Basınç Sensörü) ayarlanan basınç değerine ulaştığında içindeki kontaklar konum değiştirerek çene içerisindeki materyali çenenin tuttuğu konum bilgisini bize verecektir. KESB’ye (Kesme Butonu) basıldığında BS’den (Basınç Sensörü) gelen konum bilgisi ile KESV (Kesme Valfi) enerjilenerek açılacak ve zincirli testere güvenli bölgeden ayrılmaya başlayacaktır. Aynı zamanda da TST-R (Testere Rölesi) enerjilenerek zincirli testere dönmeye başlayacaktır. Butonu bıraktığımızda kesim işleminin durmaması için KESR’nin (Kesim Rölesi) normalde açık kontağı kullanılarak KESB’ye paralel bağlantı ile KESV’nin mühürlenmesi sağlanmıştır. Testerenin kesim sınırına konulan KESILDI sınırlama anahtarına kesme düzeni temas ettiğinde kesim işlemimin tamamlandığı konum bilgisi gelecek ve KESR’in enerjisi kesildiği için mühür bozulacak, testere duracak ve kesme düzeni KESV’nin özelliği olan tek yolu valf sayesinde tekrar güvenli bölgeye gelecektir. Kesim tamamlandığından ROT_R_B (Rotator Sağ Buton) bastığımızda ROT_R (Rotator Sağ Röle) enerjilenerek platform sağa dönmeye başlayacaktır. Çalışmamız prototip olduğundan bütün kumanda elamanlarını platform üzerine monte edilemediğinden platformun 360° fazla

dönmesini engellemek amacıyla ROT_R hattına normalde kapalı kontağını kullanarak R_LIM (Sağ Limit) sınırlama anahtarı konulmuştur. Platform sağ limite ulaştığında R_LIM açılarak ROT_R'nin enerjilenmesini engellemekte ve platform daha fazla sağa dönüş yapamamaktadır. Sola dönüş için de aynı senaryo ROT_L (Rotator Sol Röle) hattında da kullanılmıştır. Kesilen materyali güvenli bölgeye bırakmak için 90AB'ye (90 Aşağı Butonu) basıldığında 90AV (90 Aşağı Valfi) enerjilenerek platform 90° aşağı dönmektedir. Çeneyi açmak için CAB'ye (Çene Açma Butonu) basıldığında CAV (Çene Açma Valfi) enerjilenerek açılmakta ve çeneler piston strokunca açılarak materyali bırakmaktadır. Başka bir kesim için 90YB'ye (90 Yukarı Butonu) basılarak 90YV (90 Yukarı Valfi) enerjilenerek platform 90 derece yukarı kalkmakta ve çeneler açık bir şekilde bir sonraki hedefe yönlendirilmektedir.



Şekil 4.6. Elektrik sistemi kumandası bağlantı şeması

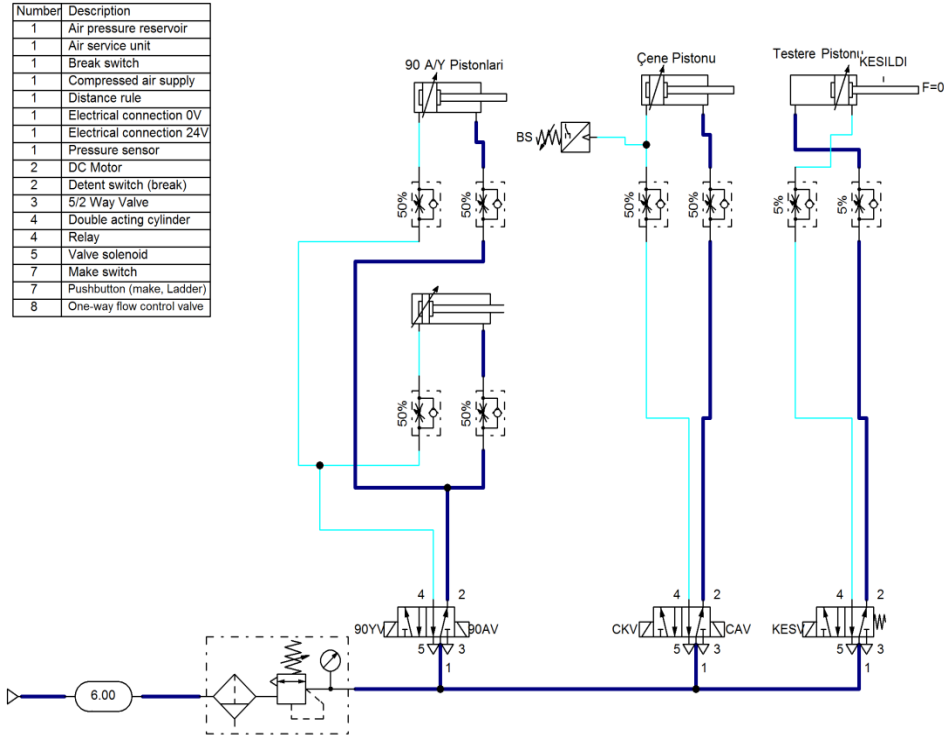
X1				
	+24V	1	X1	24
		2	X1	28
		3	X1	32
		4	X1	36
		5	X1	40
		6	KESR	
		7	TST-R	
		8	X1	50
		9	X1	54
		10	ROT_R	4
		11	ROT_L	4
	0V	12	X1	27
		13	X1	31
		14	X1	35
		15	X1	39
		16	X1	47
		17	KESR	
		18	TST-R	
		19	X1	49
		20	ROT_R	A2
		21	ROT_L	A2
		22	ROT_R	4
		23	ROT_L	4
CAB		24	X1	1
CAB		25		
CAV		26		
CAV		27	X1	12
CKB		28	X1	2
CKB		29		

CKV		30		
CKV		31	X1	13
90AB		32	X1	3
90AB		33		
90AV		34		
90AV		35	X1	14
90YB		36	X1	4
90YB		37		
90YV		38		
90YV		39	X1	15
KESB		40	X1	5
KESB		41	KESR	
KESILDI	1	42	KESR	
KESILDI	2	43		
BS	3	44		
BS	4	45	TST-R	
KESV		46		
KESV		47	X1	16
Testere		48	TST-R	
Testere		49	X1	19
ROT_R_B		50	X1	8
ROT_R_B		51		
R_LIM	1	52		
R_LIM	2	53	ROT_R	A1
ROT_L_B		54	X1	9
ROT_L_B		55		
L_LIM	1	56		
L_LIM	2	57	ROT_L	A1
Rotator		58	ROT_R	3
Rotator		59	ROT_R	3

Şekil 4.7. Elektrik sistemi kumandası bağlantı uçları

4.1.4.2. Pnömatik Kumanda Sistemleri

Pnömatik sistemi kumanda şeması “Festo FluidSIM v4” programında çizilmiş ve simüle edilmiştir (Şekil 4.8). Şemaya göre basınç besleme hattı üzerine aparat üzerindeki kullanılan Pnömatik devre elemanlarının ihtiyaç duyduğu debi ve basıncı sağlamak için bir basınç regülatörü ile şartlandırıcı konulmuştur. Ana besleme hattı yön kontrol valflerinin üzerinde bulunduğu Valf Pleyt’ine (Valf Kütüğü) bağlanmıştır. Pistonların basma ve çekme hızlarını ayarlamak için basma ve çekme hatlarına Tek Yönlü Akış Kontrol Valfi konulmuştur. Çenenin materyali tutuğu konum bilgisini almak için CKV (Çene Kapama Valfi) hattına BS (Basınç Sensörü) konulmuştur.

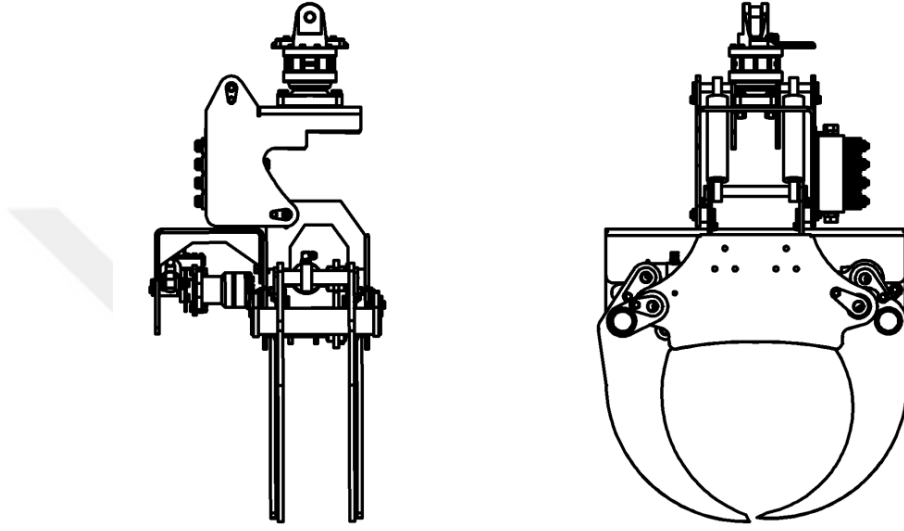


Şekil 4.8. Pnömatik sistemi kumanda bağlantı şeması

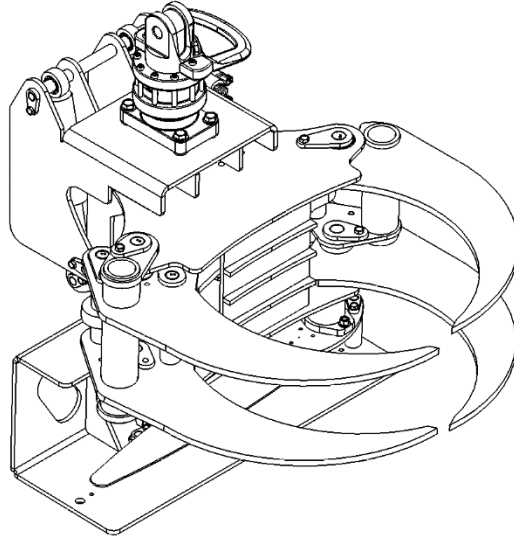
4.1.5. Prototipin Tasarım Çizimleri

4.1.5.1. Prototip Çene Tasarımı

Tasarım çizimleri Solid Works programı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.9-4.24'te prototipe ait çizimler verilmiştir.

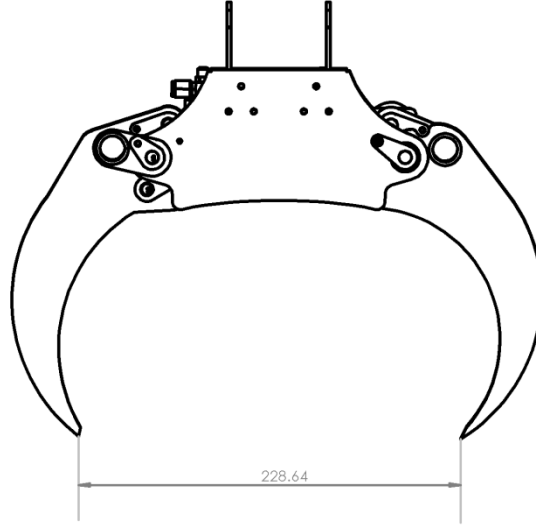


Şekil 4.9. Çenenin önden ve yandan görünümü

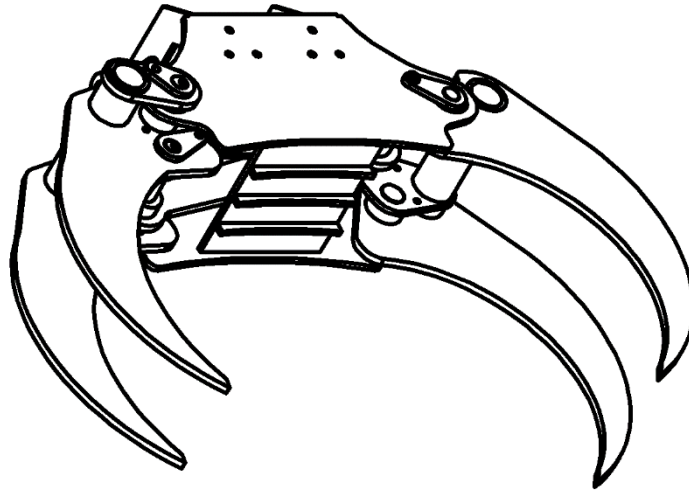


Şekil 4.10. Çenenin perspektif görünümü

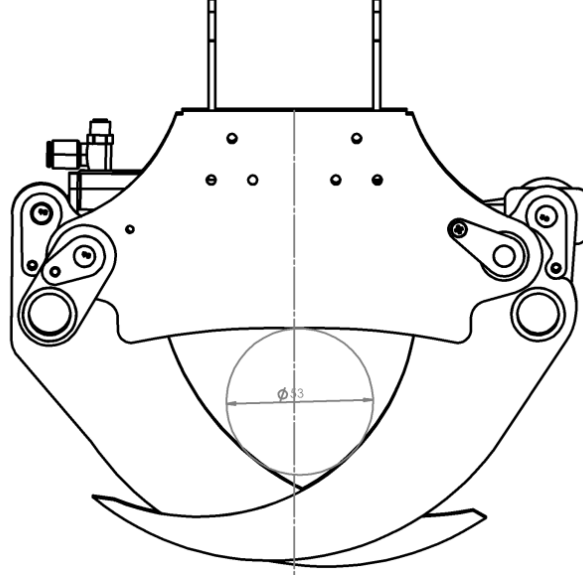
Prototip çalışması gerçek ölçü ile çalışılarak 1/4 küçültülmüş olup manevra ve kapasite ölçüleri milimetre olarak verilmiştir.



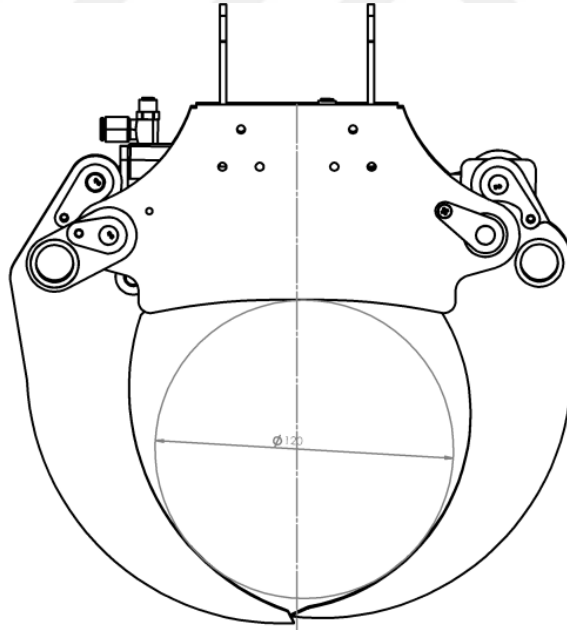
Şekil 4.11. Prototip çenenin tam açık pozisyonu



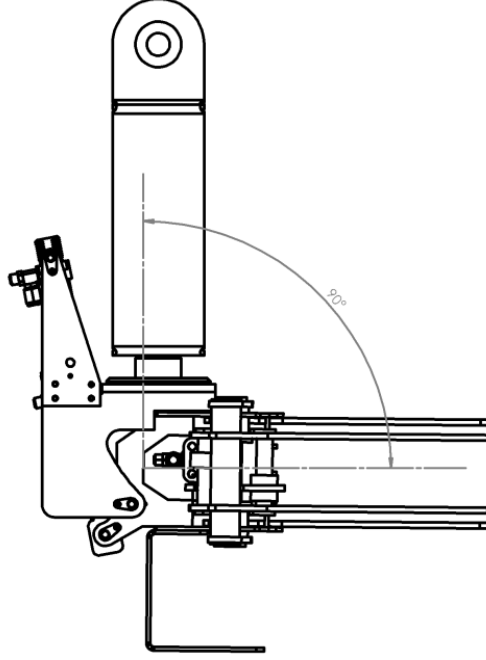
Şekil 4.12. Prototip çenenin tam açık pozisyonu perspektif görünümü



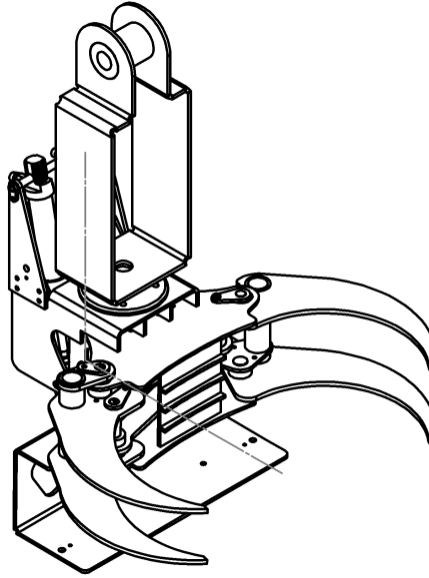
Şekil 4.13. Prototip çenenin minimum tutma çapı



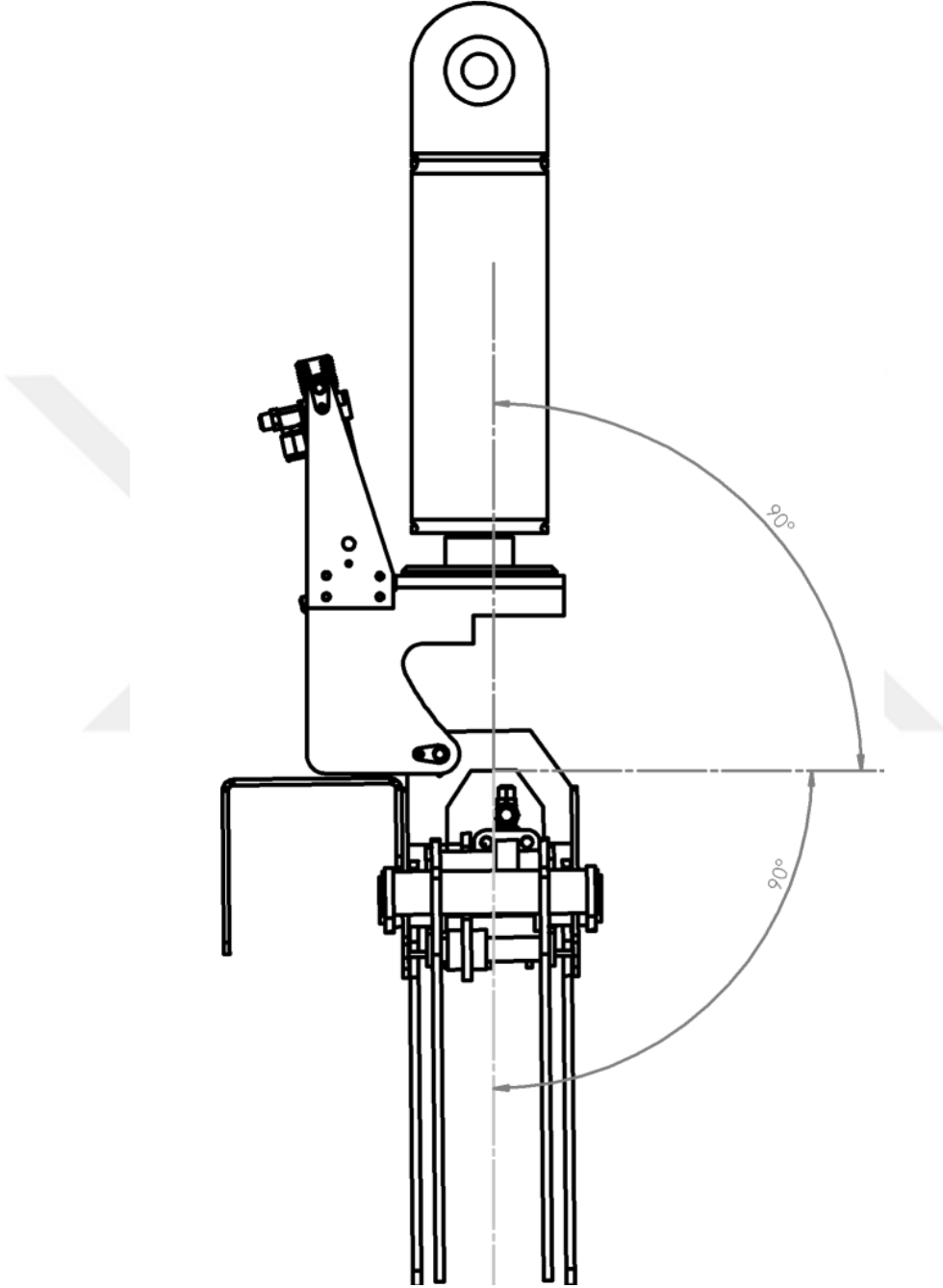
Şekil 4.14. Prototip çenenin maksimum tutma çapı



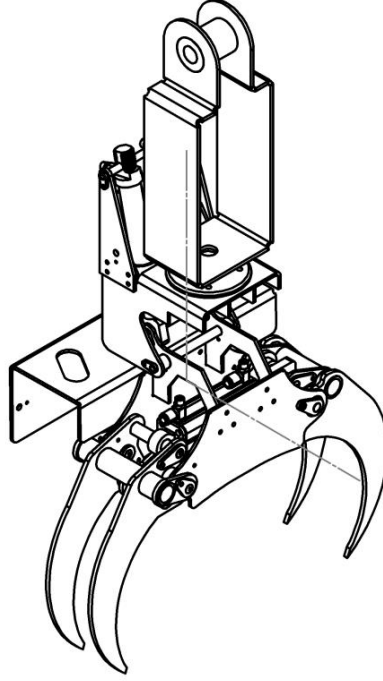
Şekil 4.15. Prototip dikey birinci manevra.



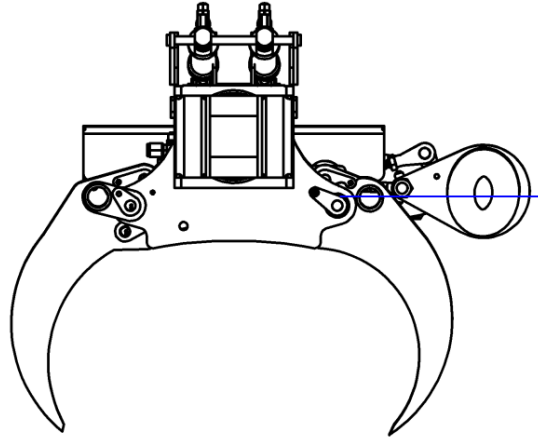
Şekil 4.16. Prototip birinci manevra perspektif görünümü.



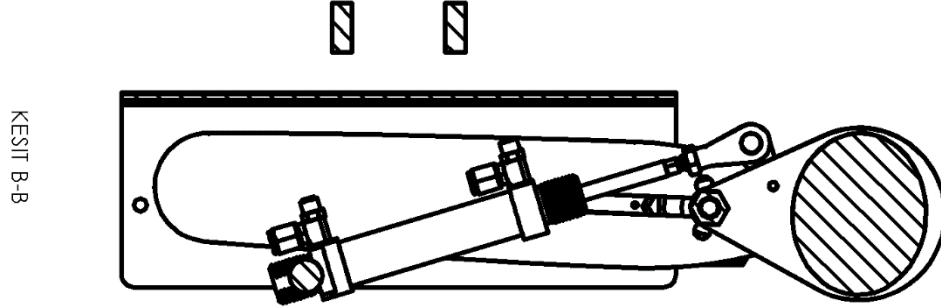
Şekil 4.17. Prototip ikinci manevra görünümü



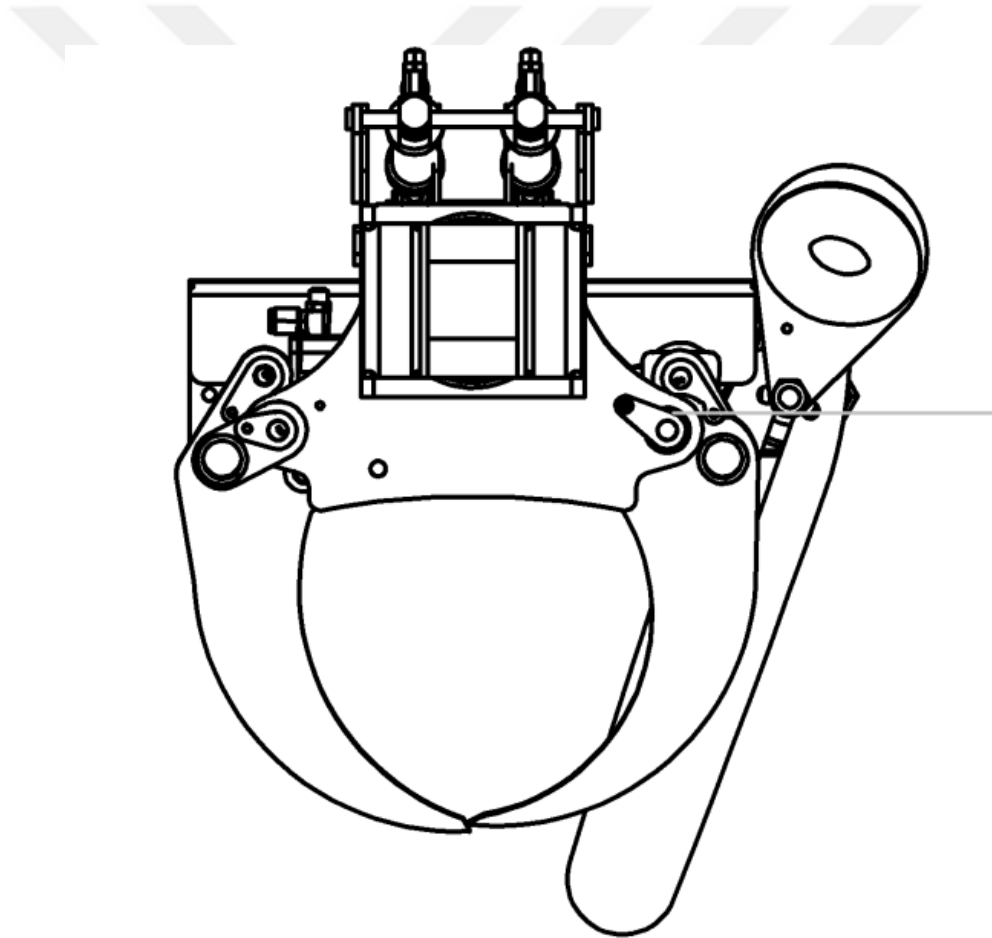
Şekil 4.18. Prototip ikinci manevra perspektif görünümü



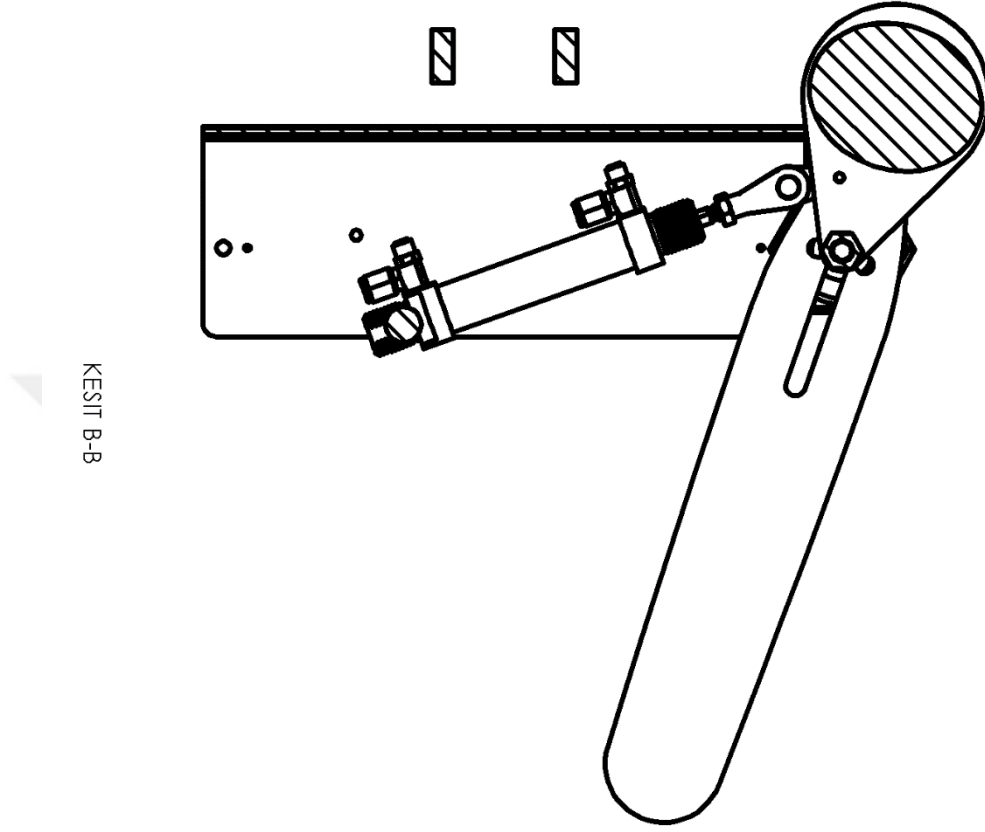
Şekil 4.19. Prototip kesme düzeneği üst görünümü



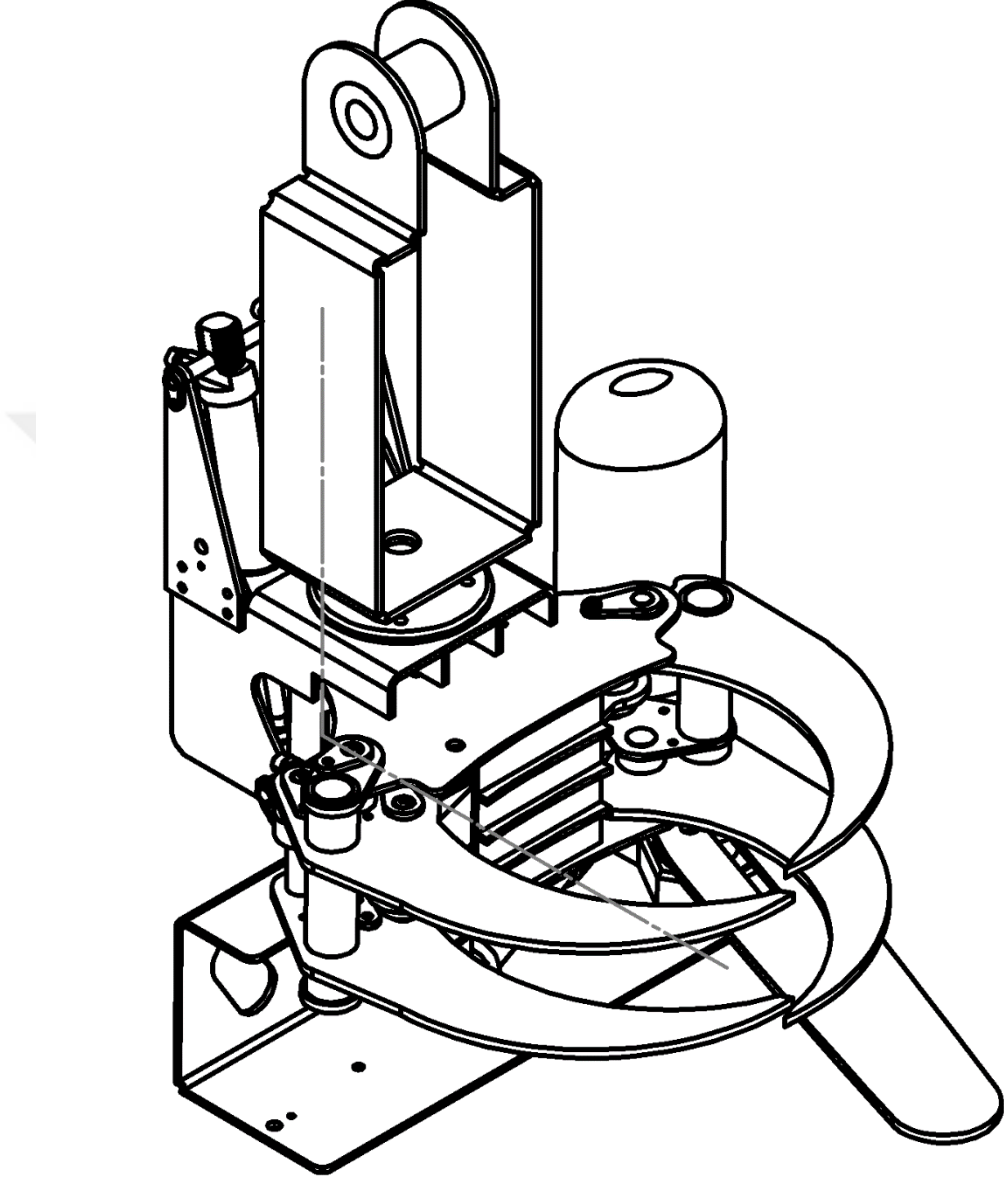
Şekil 4.20. Prototip kesme düzeneği kesit görünümü



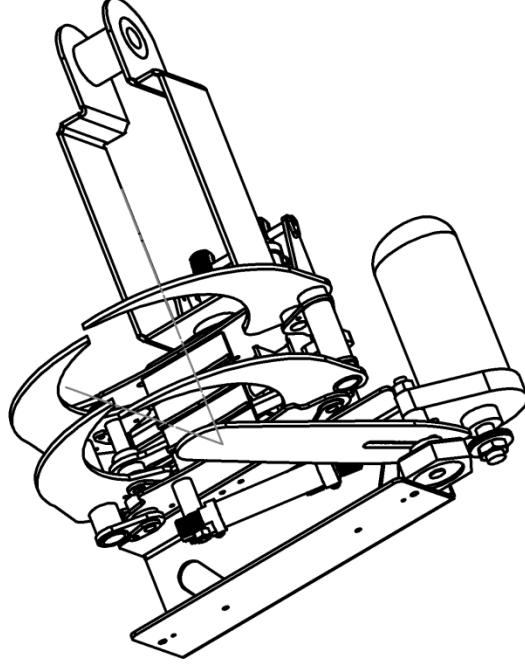
Şekil 4.21. Prototip kesme düzeneği mekanizma kesim bitim



Şekil 4.22. Prototip kesme düzeneği kesim bitim kesit görünümü



şekil 4.23. Prototip kesme düzeneği kesim bitim perspektif görünüm (üst)



şekil 4.24. Prototip kesme düzeneği kesim bitim perspektif görünüm (alt)

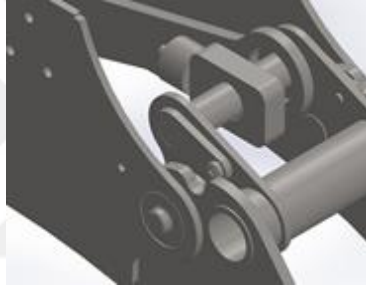
4.1.6. Prototipin Statik Kuvvet Analizleri

Analizlerde pistonların bağlandığı yataklama aparat noktalarına 1.000N'luk kuvvetler uygulanmıştır.

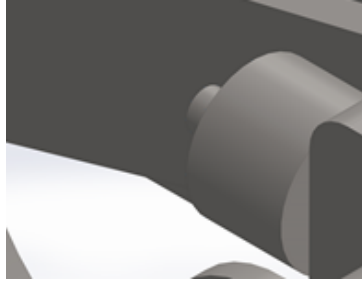
4.1.6.1. Prototip Çene Statik Kuvvet Analizi

Çenenin statik kuvvet analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.1-4.6'da ve Şekil 4.25'te verilmiştir. Analiz sonuçlarında herhangi bir tehlikeli kesit tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.1. Prototip çene statik kuvvet yükler ve fikstürler

Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları				
Ankastre Menteşe-1		<table><tr><td>Objeler:</td><td>3 yüzler</td></tr><tr><td>Tip:</td><td>Ankastre Menteşe</td></tr></table>	Objeler:	3 yüzler	Tip:	Ankastre Menteşe
Objeler:	3 yüzler					
Tip:	Ankastre Menteşe					
Kuvvetleri Kaldır						
Bileşenler	X	Y	Z	Sonuç		
Tepki kuvveti (N)	-1990.67	0.442059	0.0100865	1990.67		
Tepki Momenti (N.m)	0	0	0	0		

Çizelge 4.2. Prototip çene statik kuvvet yük tanımlaması

Yük adı	Resim Yükle	Yük Detayları	
Kuvvet-1		Objeler:	2 yüzler
		Tip:	Normal kuvvet uygula
		Değer:	1000 N

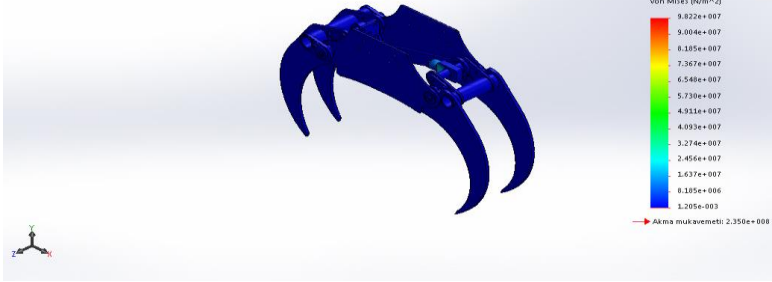
Çizelge 4.3. Prototip çene tepki kuvvetleri

Seçim seti	Birimler	Toplam X	Toplam Y	Toplam Z	Sonuç
Tüm Model	N	-1990.67	0.442059	0.0100865	1990.67

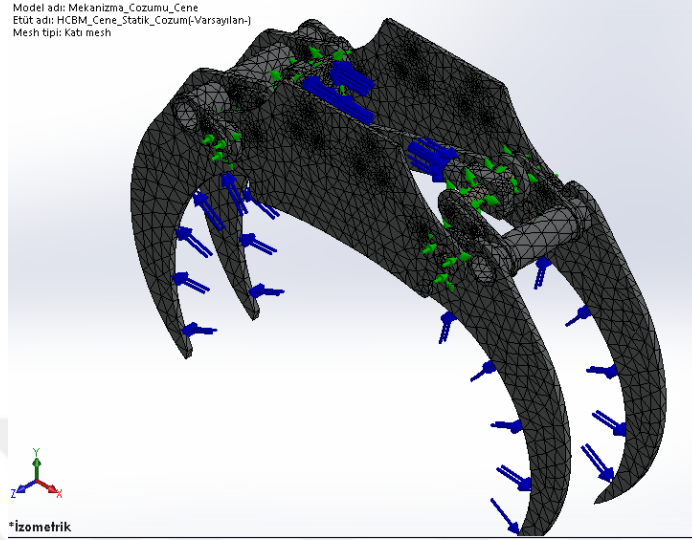
Çizelge 4.4. Prototip çene tepki kuvvetleri etüt sonuçları

Ad	Tip	Min	Maks
Stres1	VON: von Mises Stresi	0.00120499 N/m ² Düğüm: 156106	9.82213e+007 N/m ² Düğüm: 5592

Model adı: Mekanizma_Cozumu_Cene
 Etki adı: Statik 11 Vkm neler i
 Grafik tür: Statik çözüm etütü Stres1
 Deformasyon değeri: 1



Mekanizma_Cozumu_Cene-Static 1-Stres-Stres1



Şekil 4.25. Prototip çene statik yük dağılımları

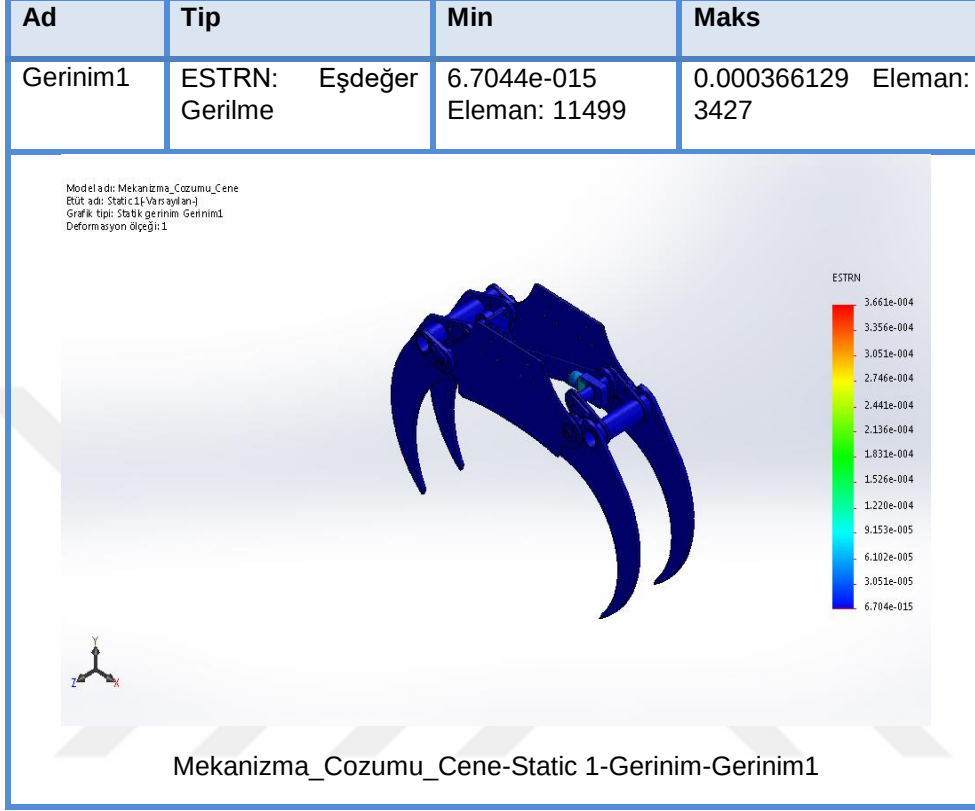
Çizelge 4.5. Prototip çene yer değiştirme etüt sonuçları

Ad	Tip	Min	Maks
Yer değiştirme1	URES: Sonuç Yer Değiştirmesi	5.53461e-009 mm Düğüm: 118174	0.00429576 mm Düğüm: 4708



Mekanizma_Cozumu_Cene-Static 1-Yer değiştirme-Yer değiştirme1

Çizelge 4.6. Prototip çene eşdeğer gerilme etüt sonuçları



4.1.6.2. Prototipin Dikey Manevra Mekanizması Statik Kuvvet Analizi

Dikey manevra mekanizmasına ait statik kuvvet analiz sonuçları Çizelge 4.7-4.12'de ve Şekil 4.26'da görülmektedir. Manevra mekanizmasının üst ara mili orta kısmında tehlikeli kesit meydana geldiği saptanmıştır. Bu nedenle destek mili üzerindeki piston bağlantı noktalarının arasına bir mil destek parçası atılması uygun görülmüştür.

Çizelge 4.7. Prototip dikey manevra statik kuvvet yükler ve fikstürler

Fikstür ismi	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları				
Sabitlenmiş-1		<table><tr><td>Objeler:</td><td>2 yüzler</td></tr><tr><td>Tip:</td><td>Sabit Geometri</td></tr></table>	Objeler:	2 yüzler	Tip:	Sabit Geometri
Objeler:	2 yüzler					
Tip:	Sabit Geometri					
Kuvvetleri Kaldır						
Bileşenler	X	Y	Z	Sonuç		
Tepki kuvveti (N)	447.743	-1939.77	-0.0153545	1990.78		
Tepki Momenti (N.m)	0	0	0	1e-033		

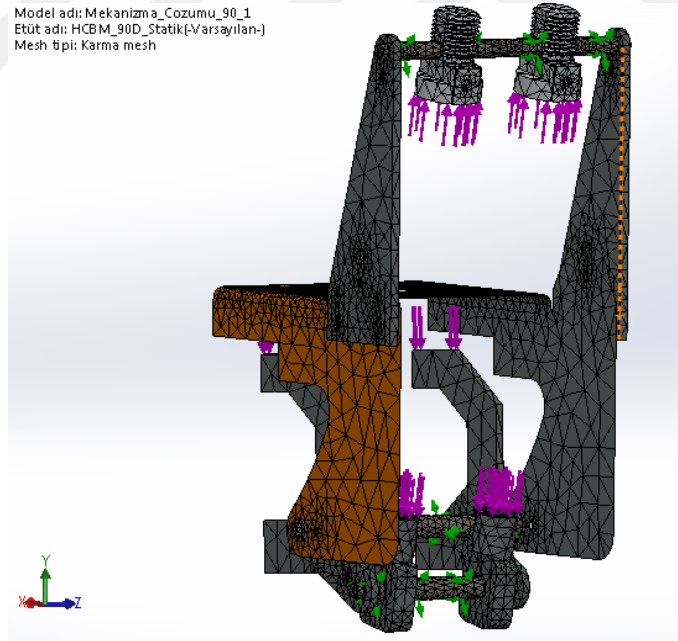
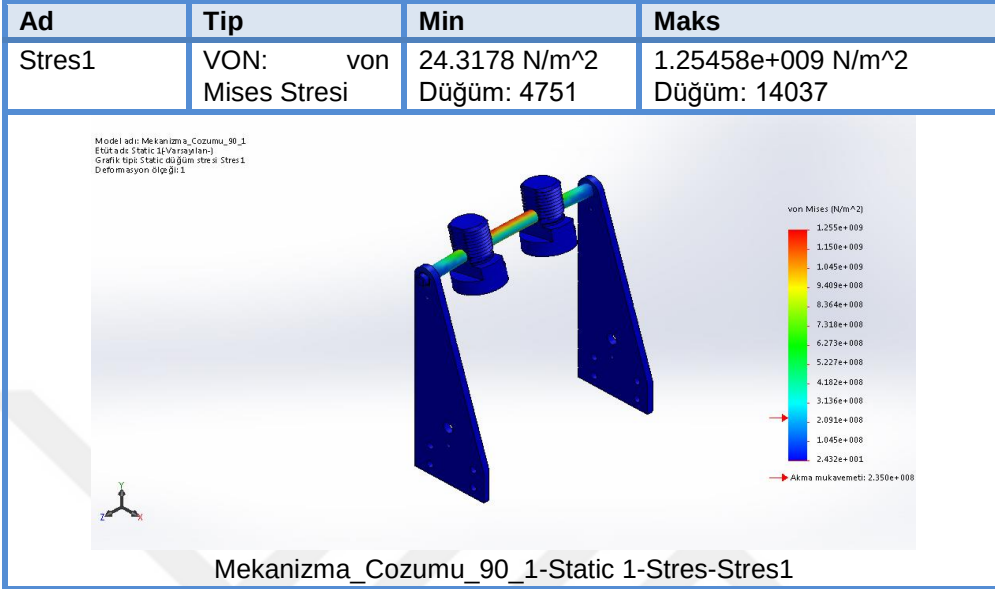
Çizelge 4.8. Prototip dikey manevra statik kuvvet yük tanımlaması

Yük adı	Resim Yükle	Yük Detayları						
Kuvvet-1		<table><tr><td>Objeler:</td><td>2 yüzler</td></tr><tr><td>Tip:</td><td>Normal kuvvet uygula</td></tr><tr><td>Değer:</td><td>1000 N</td></tr></table>	Objeler:	2 yüzler	Tip:	Normal kuvvet uygula	Değer:	1000 N
Objeler:	2 yüzler							
Tip:	Normal kuvvet uygula							
Değer:	1000 N							

Çizelge 4.9. Prototip dikey manevra tepki kuvvetleri

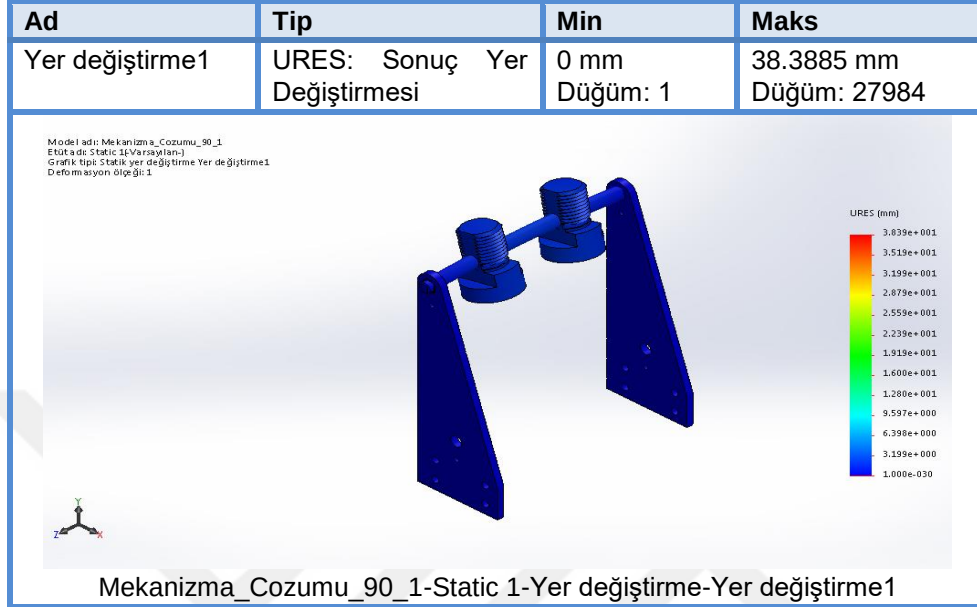
Seçim seti	Birimler	Toplam X	Toplam Y	Toplam Z	Sonuç
Tüm Model	N	447.743	-1939.77	-0.0153545	1990.78

Çizelge 4.10. Prototip dikey manevra tepki kuvvetleri etüt sonuçları

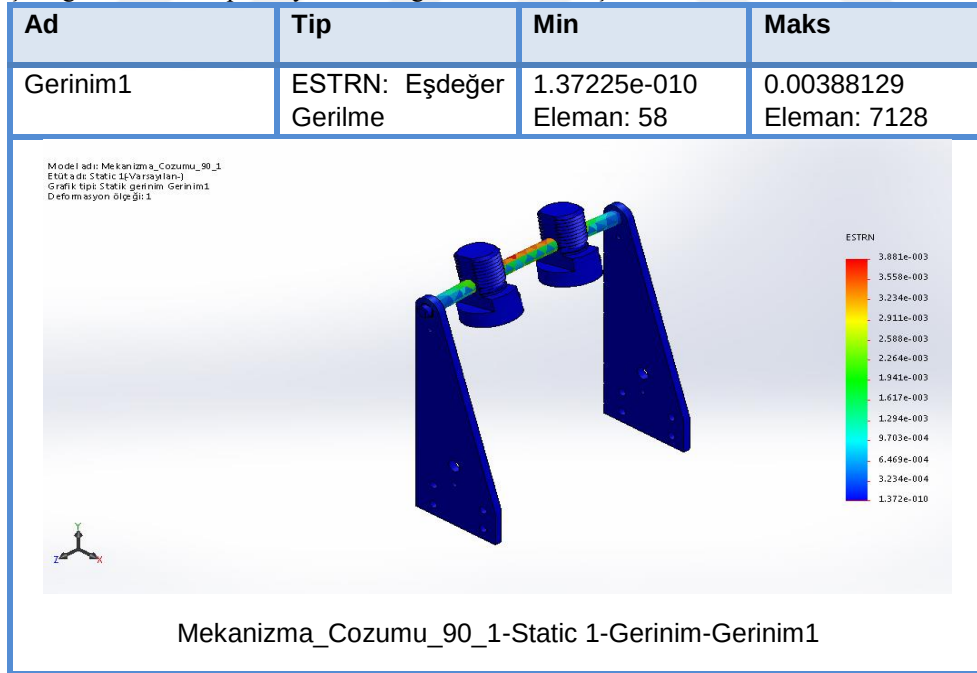


Şekil 4.26. Prototip dikey manevra yük dağılımı

Çizelge 4.11. Prototip dikey manevra yer değiştirme etüt sonuçları



Çizelge 4.12. Prototip dikey manevra gerilme etüt sonuçları



4.2. İmalat ve Montaj

Prototipin imalat ve montajı Erdem Tarım ve Metal Sanayi ile Dönmez Torna Atölyesi'nde gerçekleştirilmiştir. İmalatta lazer kesim, talaşlı imalat ve kaynaklı birleştirme yöntemleri kullanılmıştır. İmalata ilişkin bazı resimler aşağıda verilmiştir (Şekil 4.27 – 4.41).



Şekil 4.27. Prototip lazer kesim (a)



Şekil 4.28. Prototip lazer kesim (b)



Şekil 4.29. Prototip lazer kesim (c)



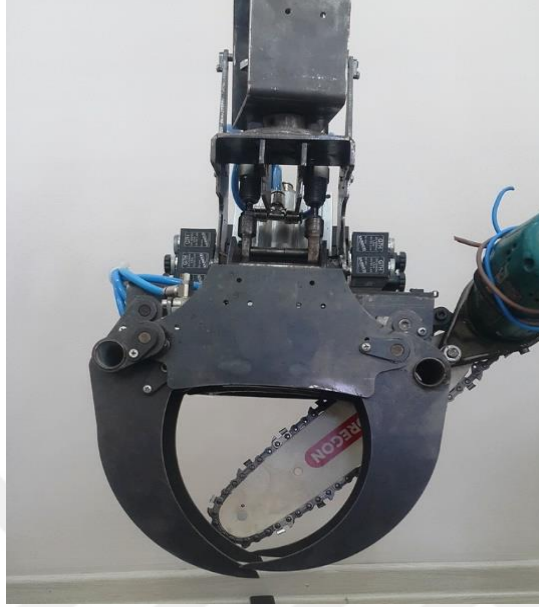
Şekil 4.30. Talaşlı imalat



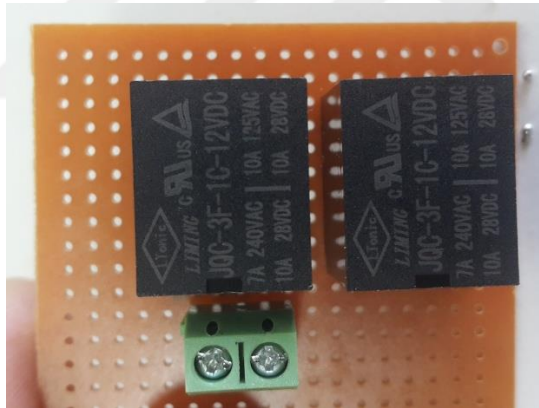
Şekil 4.33. Prototip mekanik montaj



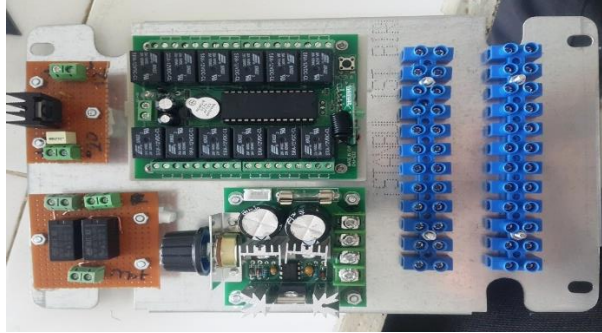
Şekil 4.34. Prototip pnömatik kumanda montaj (a)



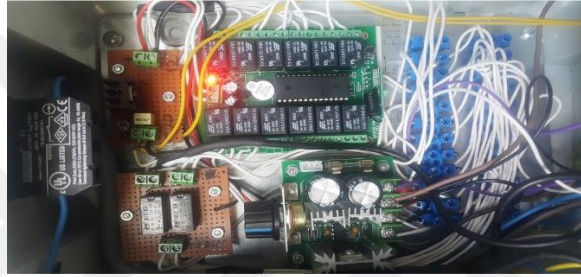
Şekil 4.35. Prototip pnömatik kumanda montaj (b)



Şekil 4.36. Prototip elektrik kumanda montaj (a)



Şekil 4.37. Prototip elektrik kumanda montaj (b)



Şekil 4.38. Prototip elektrik kumanda montaj (c)



Şekil 4.39. Prototip elektrik kumanda montaj (d)



şekil 4.40. Tasarımı ve imalatı tamamlanmış budama aparatı



şekil 4.41. Tasarım ve imalatı tamamlanmış prototipin nihai montajı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada operatör iş güvenliği ve sağlığı riski, sosyo-teknik sistem güvenilirliği, çalışanlarla ilgili riskler, çevresel riskler açısından işi yapan personelin can güvenliği ile üçüncü şahısların can ve mal güvenliğini sağlamak için mobil vinçlerde kullanılabilecek prototip hidrolik çeneli bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Aparat bir prototip olduğundan boyutları küçük tutulmuştur. Bu nedenle aparatın hareketlendirilmesinde, küçük boyutta hidrolik piston bulunmadığından aparata hareket pnömatik sistem tarafından verilmiştir. Bu durumda da aparatın yeterli kesme gücüne sahip olmadığından, işlevsel denemeler poliüretan köpük malzemelerden yapılan temsili ağaç dalları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan işlevsel denemelerde, aparatın kendisinden beklenen fonksiyonel hareketleri gerçekleştirebildiği, aparatın tasarım kısıtlamaları nedeniyle maksimum 120 mm çapına kadar olan temsili ağaç dallarında yakalama ve kesme işlemlerini başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Çalışmada bu tip bir ağaç budama aparatının insansız şekilde, uzaktan kumandalı olarak yüksek irtifalarda çalışabileceği, tasarım boyutlarına bağlı olarak istenilen kalınlıktaki dalları çenesi ile yakalayabileceği ve kesim işlemini gerçekleştirebileceği, kesilen dalları kontrollü bir şekilde istenilen bir bölgeye indirerek çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal kaybının önüne geçilmesinde güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ayrıca daha büyük boyutlarda tasarlanarak imal edilecek bu tip bir budama aparatı hidrolik bir vince ya da traktörün arkasına takılan bir kol üzerine monte edilerek park ve bahçelerin peyzaj çalışmalarında zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlanarak düşük maliyetlerle kullanılabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Acar, H.H. Eroğlu, H. 2016. Ormancılık İş Bilgisi ve İş Güvenliği, KTÜ, Orman Fakültesi, genel Yayın No: 235, Fakülte Yayın No: 41, Trabzon.
- Alva, Z. Albright, Tree Cutting And Handling Apparatus, Dec. 20, 1971
- Anonim, 1997. Health and Safety Executive, (1997). The costs of accidents at work, HSG96, Great Britain.
- Anonim, 2017 Adana/Yüreğir İlçe Emniyet Müdürlüğü 02.11.2017 tarih ve 63394555-5514\2017\2878 sayılı “İş Kazası Tahkikat Evrakı”
- Anonim, 2019a. <https://www.gmt-equipment.com/gmt-products/grapple-saw-gmt035.aspx>
- Anonim, 2019b. <https://bikboomtrucks.com/the-new-knuckle-boom-grapple-saw-technology-is-it-good-or-bad-for-the-future-of-the-tree-cutting-industry/>
- Anonim, 2019c. <https://dymaxmedia.com/railway-attachments/tree-and-brush-removal/>
- Anonim, 2019d. <https://static.independent.co.uk/s3fs-public/thumbnails/image/2014/04/02/16/xraychainsaw.jpg>
- Anonim, 2020a. <https://d20854696ijsuu.cloudfront.net/files/69016/products/428913/3-40.jpg>
- Anonim, 2020b. <https://d20854696ijsuu.cloudfront.net/files/69016/products/602554/2-1-1-1.jpg>
- Anonim, 2020c. <https://i.pinimg.com/236x/16/a2/33/16a233d71201f54970e69a162c00a89f-tractors-stuff-to-buy.jpg>
- Anonim, 2020d. <http://www.beavervalleyssupply.com/sectionb/landshark/ls5.jpg>
- Anonim, 2020e. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Valmet_901_2_side.jpg

Anonim, 2020f.

<https://baumalight.com/incisor/img/carousels/excavator/Baumalight-tree-shear-with-grabber-for-excavator.jpg>

Calvin S. Johnson, Grapple Saw, Mar. 17, 2006

Doğan, Muzaffer., MAK 403 - Makina Dinamiği - Ders Notları

Güzel E., (1998). Hasat Harman İlkeleri ve Makinaları. Ç.Ü.Z.F. Ders kitabı. Yayın No:194.

Fadier, E. ve De la Garza C. (2006). “Safety design: Towards a new philosophy”, Safety Science, 44 (1), 55-73

Gümüş, S., TürkY., 2011a. Odun Hammaddesi Üretim İşçilerinde Bazı Sağlık Ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Bir Araştırma, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, cilt.12, ss.20-27.

Gümüş, S., TürkY., 2011b. Orman Yangın İşçilerinde İşçi Sağlığı Ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Araştırma, Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, cilt.7, ss.1-9.

Gürcanlı, G.Emre. “Yeni ve Zorunlu Bir Kavram Olarak İş Güvenliği İçin Tasarım” 3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu 21-23 Ekim 2011, Çanakkale.

Meino, J. Van Der Woude, Oude Slingeweg 2, NL-9204 WS Drachten, Netherlands PCT Filed: Nov. 20, 1992

Özcan, F. “Valf Seçim Kriterleri” I. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi Sayı 29

Richard, E. Ackley, Westmont, N. J., assignor to Henry Disston & Sons, Inc., Philadelphia, Pa., a Corporation of Pennsylvania Application June 19, 1951, Serial No. 232,442

Terrence, R. Hill, ve Bruce, A. Hackett, Tree Cutting And Wood Manipulating Grapple, Feb. 1, 1994

Yıldırım, M. (1988) Orman Makineleri ve Ergonomi, I. Ulusal Ergonomi Kongresi, MPM, Yayın No:372, s. 345–356.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Adana/Ceyhan'da doğdu. İlk-Ortaöğretimini Ceyhan Sakarya İlkokulu ve Yaltırkardeşler Orta Okulunda tamamladı. Lise eğitimini Ceyhan Teknik ve End.Mes.Lisesi Elektrik Bölümünde tamamladı. 1997 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden Haziran'da tek mezun olarak mezun oldu. 1998 yılında askerlik görevini tamamladı. 1999-2001 yılları arası Çukobirlik Yağ Fabrikalarında vardiya mühendisi olarak görev aldı. 2001 yılında Ceyhan Belediyesinde Bilgi İşlem Müdürü olarak görev aldı. 2001 yılında Türkiye'de 52. Sistem Mühendisi ünvanı ile MCP, MCSE, MCT olarak eğitimlerini tamamladı. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Ceyhan Meslek Yüksek Okulu Elektrik Bölümünden Birincilikle mezun oldu. 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

2001 2014 yılları arası Ceyhan Belediye Başkanlığında değişik görevlerde müdürlük yapmıştır. 2014 Yılında Adana Büyükşehir Belediyesine Yol Şube Müdürü olarak tayin olmuş 2019 Yerel seçimlerine kadar farklı şube müdürlüğü görevlerini icra etmiştir. 2019 Yerel seçimlerinden sonra Adana Büyükşehir Belediyesi Tarım ve Hayvancılık Hizmetleri Daire Başkanlığı'nda Ziraat Mühendisi olarak göreve başlamıştır. Halen aynı kurum ve aynı Daire Başkanlığı'nda Ziraat Mühendisi olarak çalışma hayatına devam etmektedir.