

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HAVLU SAÇAĞI DÜĞÜMLEME MAKİNESİNİN
GELİŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK YILMAZ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**HAVLU SAÇAĞI DÜĞÜMLEME MAKİNESİNİN
GELİŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK YILMAZ

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim

BURAK YILMAZ

ÖZET

HAVLU SAÇAĞI DÜĞÜMLEME MAKİNESİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURAK YILMAZ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. ERSİN DEMİR)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2021

Tekstil sektöründe; halı, yatak örtüsü, şal, havlu vb. gibi ürünlerin bazıları kenarları saçaklı bir şekilde üretilmektedir. Serbest halde salınan bu saçaklar, dikilebilmekte, çeşitli şekillerde bağlanabilmekte veya herhangi işlem yapılmadan bırakılabilmektedir. Özellikle bağlama işlemi el işçiliği ile yapıldığı zaman, oldukça vakit almakta ve yoğun emek istemektedir.

Bu tez kapsamında, yoğun emek isteyen ve oldukça vakit alan bu düğümleme işlemini, çok daha kısa sürelerde yapabilmek ve insan yükünü olabildiğince azaltabilmek için, bir makinenin tasarlanması üzerine çalışılmıştır.

Yeni bir tasarım oluşturma sürecinin başında; tek bir ipin üzerinde, bir adi düğüm atılabilmesi üzerine çalışılmış ve bu amacı gerçekleştirebilecek uygun bir mekanizma seçilmiştir. Buna ek olarak, saçakları düğüm atılabilecek şekilde demetler halinde bir araya getiren bir mekanizma ile saçakları kesecek olan başka bir mekanizma daha tasarlanmıştır. Düğümün başarılı bir şekilde atılabilmesi için düğüm atma mekanizmasının boyutlandırılması ve konumlandırılması önemlidir. Bu amaçla; gerekli değerlerin bulunması için, saçak uzunlukları ve düğümler arası mesafe gibi tasarım değişkenlerine bağlı olarak, ilgili denklemler elde edilerek MATLAB programı yardımıyla çözülmüştür. Makede kullanılacak olan eyleyiciler için de gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen verilere göre; düğüm atma mekanizması, çoklu saçakları bağlayabilecek şekilde çoğaltılarak, sistemin 3B tasarımı üretim yönetimleri de dikkate alınarak bilgisayar destekli tasarım programı ile tasarımı yapılmıştır. Ardından, pnömatik devresi çizilmiş ve sistemi kontrol etmek için kullanılacak olan PLC diyagramları da tasarlanarak makinenin teorik tasarımı tamamlanmıştır. Son olarak makine, tasarım programı üzerinde benzetimi yapılarak çalışması doğrulanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Havlu Saçağı, Düğüm Atma Mekanizması, Makine Tasarımı, Basit Düğüm, Saçak Düğümleme

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF A TOWEL FRINGE KNOTTING MACHINE

MSC THESIS

BURAK YILMAZ

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
MECHATRONIC ENGINEERING**

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ERSİN DEMİR)

DENİZLİ, AUGUST 2021

In the textile industry; carpet, bedspreads, shawls, towels, etc. some of such products are produced with fringed edges. These yarns of fringe, which are released freely, can be sewn, knotted in various ways or left without any action. Especially when knotting is done by hand, it takes a lot of time and requires intensive labor.

In this thesis, in order to carry out this knotting process, which takes a lot of effort and takes a lot of time, in much shorter periods of time and to reduce the human load as much as possible, a machine has been designed.

At the beginning of the process of creating a new design; on a single rope, the creation of an overhand knot was studied and a suitable mechanism was selected to achieve this goal. In addition, another mechanism was designed to cut the fringes and to combine the fringes into bundles so that they can be knotted. It is important to size and position the knotting mechanism so that the knot can be successfully tied. For this purpose; in order to find the necessary values, depending on the design variables such as fringe lengths and distance between knots, the relevant equations were obtained and were solved by MATLAB program. Necessary calculations were also made for the actuators to be used in the machine. According to the data obtained; the knotting mechanism was replicated to knot multiple fringe and the 3D model of the system was designed with a computer-aided design (CAD) program taking into considering the manufacturing process. Then, the drawing of the pneumatic circuit, as well as PLC diagrams that will be used to control the system, were designed and the theoretical design of the machine was completed. Finally, it was confirmed that the machine works by simulating it with a computer-aided design program.

KEYWORDS: Towel Fringe, Knotting Mechanism, Machine Design, Overhand Knot, Fringe Knotting

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	7
2. DÜĞÜM BAĞLAMA MAKİNESİNİN TASARIMI	15
2.1 Saçak Ayırıcı Düzenek	18
2.2 Havlu Tutucu Düzenek.....	22
2.3 Saçak Tutucu ve Kesici Düzenek	27
2.4 Düğüm Atıcı Kanca Düzeneği	30
3. KONTROL ve OTOMASYON	38
3.1 PLC Ladder Diyagramı	38
3.2 Pnömatik Silindirelerin ve Adım Motorlarının Çalışma Sıralaması	49
4. HESAPLAMALAR ve ANALİZLER	66
4.1 Düğüm Atıcı Kanca Mekanizmasının Konumlandırılması	66
4.1.1 Düğümler Arası Mesafe.....	66
4.1.2 Saçakların Uzunluğu.....	68
4.1.3 Saçak Genişliğinin ve Kanca Konumunun Belirlenmesi.....	68
4.2 Yay Hesabı	78
4.2.1 Çekme Yayı	79
4.2.2 Baskı Yayısı.....	80
4.3 Pnömatik Silindir Hesaplamaları.....	80
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
6. KAYNAKLAR.....	89
7. EKLER.....	94
8. ÖZGEÇMİŞ	102

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Overhand knot (adi düğüm).	5
Şekil 1.2: Havlu kenarı a) Düğümlenmemiş, b) Düğümlenmiş.....	7
Şekil 2.1: Havlu saçağı bağlama makinesi ön görünüşü.	17
Şekil 2.2: Havlu saçağı düğümleme makinesi.	17
Şekil 2.3: Saçak ayırıcı düzeneğin makine üzerindeki konumu.	18
Şekil 2.4: Saçak ayırıcı düzenek.	20
Şekil 2.5: Saçak ayırıcı düzenek a) Saçaksız, b) Saçaklı.....	22
Şekil 2.6: Havlu tutucu düzeneğin makine üzerindeki konumu.	23
Şekil 2.7: Havlu tutucu düzenek (havlu tutma konumu) a) Saçaksız, b) Saçaklı.	25
Şekil 2.8: Havlu tutucu düzenek (havlu yerleştirme konumu) a) Saçaksız, b) Saçaklı.	26
Şekil 2.9: Saçak tutucu ve kesici düzenek ön görünüş.	27
Şekil 2.10: Saçak tutucu ve kesici düzenek (tutma konumu).	29
Şekil 2.11: Saçak tutucu ve kesici düzenek (kesme konumu) a) Saçaksız, b) Saçaklı.....	30
Şekil 2.12: Saçakların kancaların etrafına dolandırılması a) Başlangıç konumu, b) Kancaların 90 ⁰ konumu, c) Kancaların 180 ⁰ konumu, d) Kancaların 270 ⁰ konumu.....	31
Şekil 2.13: Düğüm atılması a) Saçakların kesilmesi ve aktif ucun tutulması, b) Kancaların döndürülmesi, c) Düğümün sıkılması.	31
Şekil 2.14: Düğüm atıcı düzeneğin makinedeki konumu.	32
Şekil 2.15: Düğüm atıcı düzenek a) İzometrik, b) Ön görünüş.	33
Şekil 2.16: Kancalar ve saçaklar a) İlk konum, b) İkinci konum, c) Yan görünüş....	34
Şekil 2.17: Saçak kavrama mekanizması.....	36
Şekil 3.1: Ladder diyagramı.	39
Şekil 3.2: Havlu tutucu mekanizma a) 1. Konum, b) 2. Konum.	40
Şekil 3.3: Havlu saçaklarının gerdirildiği andaki görünüşü.	41
Şekil 3.4: Saçak ayırıcı iğneler ve saçaklar.	41
Şekil 3.5: Demetler halinde ayrılmış saçaklar.	42
Şekil 3.6: Saçak ayırıcı iğneler ve saçaklar.	42
Şekil 3.7: Ayrılmış saçaklar.....	43
Şekil 3.8: Saçakların ortalarından tutuluşu.	43
Şekil 3.9: Gevşetilmiş, parabol şeklindeki saçaklar.	44
Şekil 3.10: Step motor hareket emirleri a) Sol motor, b) Sağ motor.	45
Şekil 3.11: Ladder diyagramı devamı.....	46
Şekil 3.12: Kancalara dolanmış saçaklar a) Ön görünüş, b) Üst görünüş.	47
Şekil 3.13: Kavrayıcının, saçakları tutmadan hemen öncesi.	47
Şekil 3.14: Saçağın kesilmesi.	48
Şekil 3.15: Kancalar döndükten sonraki durum.	48
Şekil 3.16: Düğüm atılmış saçak.	49
Şekil 3.17: Ladder diyagramı.	50
Şekil 3.18: Ladder diyagramı.	51
Şekil 3.19: Ladder diyagramı.	52
Şekil 3.20: Ladder diyagramı.	53
Şekil 3.21: Ladder diyagramı.	54

Şekil 3.22: Ladder diyagramı.	55
Şekil 3.23: Ladder diyagramı.	56
Şekil 3.24: Ladder diyagramı.	57
Şekil 3.25: Ladder diyagramı.	58
Şekil 3.26: Ladder diyagramı.	60
Şekil 3.27: Ladder diyagramı.	61
Şekil 3.28: Ladder diyagramı.	62
Şekil 3.29: Ladder diyagramı.	63
Şekil 3.30: Ladder diyagramı.	64
Şekil 3.31: Pnömatik silindirlerin pozisyon adım diyagramı.	65
Şekil 4.1: Kancalar ve saçaklar a) Önden görünüş, b) Kancanın kendi eksenini etrafında dönerken saçığı yakaladığı an, yandan ve üstten görünüş.	67
Şekil 4.2: Saçak demeti a) Demet haline getirilmeden önce, b) Demet haline getirildikten sonra.	67
Şekil 4.3: Kanca-saçak temas eksenini.	69
Şekil 4.4: Kancanın çıkıntısına göre çember oluşumu.	69
Şekil 4.5: Kanca ve saçak a) Kanca döndürülmeden önce, b) Kanca döndürüldükten sonra.	70
Şekil 4.6: Parabol genişlik yükseklik ilişkisi.	72
Şekil 4.7: Saçak genişliğine göre minimum kanca yükseklikleri.	72
Şekil 4.8: Saçak genişliğine göre minimum kanca yüksekliklerindeki saçak konumları.	73
Şekil 4.9: Saçak genişliğine göre kancanın olabileceği maksimum ve minimum yükseklik değerleri.	73
Şekil 4.10: Kısa ip için parabol genişlik yükseklik ilişkisi.	74
Şekil 4.11: Kısa ip için saçak genişliğine göre minimum kanca yükseklikleri.	75
Şekil 4.12: Kısa ip için, saçak genişliğine göre minimum kanca yüksekliklerindeki saçak konumları.	75
Şekil 4.13: Kısa ip için, saçak genişliğine göre kancanın olabileceği maksimum ve minimum yükseklik değerleri.	76
Şekil 4.14: En kısa ve en uzun ipler için, saçak genişliğine göre kancanın olabileceği maksimum ve minimum yükseklik değerleri.	77
Şekil 4.15: Çekme yayı serbest cisim diyagramı.	79
Şekil 4.16: Baskı yayı serbest cisim diyagramı.	80
Şekil 4.17: Havlu tutucu serbest cisim diyagramı.	81
Şekil 4.18: Havlu gerdirici serbest cisim diyagramı a) Saçak gevşetme, b) Düğüm sıkma.	82
Şekil 4.19: Saçak ayırıcı serbest cisim diyagramı.	83
Şekil 4.20: Saçak ayırıcı serbest cisim diyagramı.	83
Şekil 4.21: Saçak kavrama mekanizması serbest cisim diyagramı.	84
Şekil 4.22: Kavrama mekanizması çene kuvvet grafiği.	85
Şekil A.1: Saçak ayırıcı.	94
Şekil A.2: Saçak ayırıcı.	95
Şekil A.3: Havlu tutucu.	96
Şekil A.4: Havlu tutucu.	97
Şekil A.5: Saçak tutucu ve kesici.	98
Şekil A.6: Düğüm atıcı.	99
Şekil A.7: Düğüm atıcı.	100
Şekil A.8: Saçak kavrama mekanizması.	101

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: İplik kesme kuvvetleri	86
--	----

SEMBOL LİSTESİ

AD	:	Eksen Uzaklığı
CFS	:	Kesici İlk Adım
CSS	:	Kesici İkinci Adım
C-z	:	Kesici – Z Eksen
FM-l-x	:	Saçak Yapıcı – Sol – X Eksen
FM-l-y	:	Saçak Yapıcı – Sol – Y Eksen
FM-l-z	:	Saçak Yapıcı – Sol – Z Eksen
FM-r-x	:	Saçak Yapıcı – Sağ – X Eksen
FM-r-y	:	Saçak Yapıcı – Sağ – Y Eksen
FM-r-z	:	Saçak Yapıcı – Sağ – Z Eksen
Fx	:	Saçak Genişliği
Fy-AT	:	Kanca Döndükten Sonraki Saçak Yüksekliği
Fy-BT	:	Kanca Dönmeden Önceki Saçak Yüksekliği
Kc	:	Gerilme Yığılma Faktörü
K-l-x	:	Düğüm Atıcı – Sol – X Eksen
K-l-y	:	Düğüm Atıcı – Sol – Y Eksen
K-r-x	:	Düğüm Atıcı – Sağ – X Eksen
K-r-y	:	Düğüm Atıcı – Sağ – Y Eksen
PLC	:	Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
RH-l	:	Saçak Kavrayıcı – Sol
RH-r	:	Saçak Kavrayıcı – Sağ
Rx	:	Kanca Hizasındaki Saçak Genişliği
Ry	:	Saçığın Altı İle Kancanın Tepe Noktası Arası Mesafe
TH-l	:	Havlu Tutucu - Sol
TH-r	:	Havlu Tutucu - Sağ
TS-l	:	Havlu Gerdirici - Sol
TS-r	:	Havlu Gerdirici – Sağ

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tez çalışması boyunca her türlü yardımı ve desteği sağlayan, zaman ayırarak emeklerini hiç esirgemeyen, değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ersin DEMİR'e en içten dileklerle teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Abn Tekstil firmasından Ayşe ŞAŞMAZ'a, üretimdeki bir ihtiyacı bana bildirerek tezimde yer almasını sağladığı ve vermiş olduğu yardımlar için teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep yanımda olan, maddi ve manevi destek veren, sevgilerini hiçbir koşulda benden esirgemeyen ve bana olan inançlarını hiçbir zaman kaybetmeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Tarih öncesi çağlardan, 17. yüzyıla makinelerin bulunuşuna dek, tekstil üretimi ilkel bir şekilde el yordamıyla yapılyordu. Kişilerin el emeği ile yaptıkları ürünlerin değeri tartışılmaz bir gerçektir. Ancak gittikçe artan insan nüfusu göz önüne alındığında, özellikle tekstil sektöründe makineleşmeye gitmek zorunlu hale gelmiştir. Böylece, seri üretim ile çok daha kısa zamanda, ihtiyacı karşılayabilecek kadar sayıda ürün elde etmek mümkün olmaktadır.

Lif aşamasından başlayarak, paketlenme safhasına gelene kadar tekstilin tüm üretim sürecinde; eğirme makineleri, dokuma makineleri, örme makineleri, boyama makineleri, yıkama makineleri, kurutma makineleri, dikiş makineleri, vs gibi birçok farklı makine kullanılmaktadır. Bunlardan bazılarına örnek verilecek olursa: Eğirme makineleri ile yün, pamuk gibi tekstil lifleri bükülerek iplik durumuna getirilir. Dokuma veya örme makineleriyle, ipler belirli bir düzende bir araya getirilerek bir yüzey (kumaş) elde edilir. Elde edilen kumaşlar, satışa hazır hale gelmeden önce bir dizi fiziksel veya kimyasal işlemlere tabi tutulurlar. Terbiye işlemleri denilen bu süreçte; yıkama makineleri, kurutma makineleri, boyama makineleri, vs gibi makineler kullanılır. Bu aşamadan sonra kumaşlar; katlama makineleri, kesme makineleri, dikiş makineleri, nakış makineleri, vs gibi makineler kullanılarak son ürün halini alırlar.

Tekstil sektöründe hizmet edecek olan, bu tez konusunda ele alınan havlu saçağı bağlama makinesi de paketlemeden önceki son işlem olarak, havlular üzerinde kullanılacaktır. Diğer tekstil makinelerine benzer olarak bu makineden de, insan eliyle ulaşılamayacak üretim hızlarına ulaşarak, kısıtlı zamanda gerekli üretim ihtiyacını karşılaması beklenmektedir.

Tez kapsamında ele alınan konunun iki önemli unsurundan bir tanesi havlulardır. Bu kapsamda geliştirilen makine havluların saçakları üzerinde kullanılacaktır. Aşağıda, havlulardan ve saçaklardan bahsedilmiştir.

Tekstil sektöründe çeşitli yöntemlerle; dokuma, örme ve dokusuz yüzey elde etme teknikleri kullanılarak yüzey oluşturulabilir. Havlular da bu yüzeylerin bir çeşididir. Kumaş üzerine yerleştirilmiş ipliklerin ilmek veya püskül olarak yüzeyden çıkması ile “hav” denilen yapı oluşturulur. Bu kumaşlara da havlı kumaşlar denir. Battaniye, halı, kadife kumaş ve havlular bu sınıfa girmektedir (Keser 2016).

Manchester Tekstil Enstitüsü havlu dokumacılığının tarihi hakkında bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmaya göre, havlunun ilk olarak 18. Yüzyılda, Ön Asya’da bugünkü Bursa ilinin bulunduğu civarlarda kullanıldığı ortaya çıkmıştır. İlk havlunun normal dokuma esnasında hatalı bir üretimden dolayı oluştuğu tahmin edilmektedir. İlk defa burada dokunan havluları Türkiye’ye ziyarete gelen Henry Christie beğenmiş ve İngiltere’ye götürmüştür. 1850 yılında Samuel Hold dokuma makineleri için havlu mekanizması patentini almıştır. Bundan iki yıl sonra da havlu üretmek için dokuma makinelerinin imalatına başlanmıştır (Aniş 1989). Günümüzde, havlu üretiminde genellikle dokuma tercih edilse de örme yöntemleri ile de üretim yapılabilmektedir.

Havlular; hav çözüğü, zemin çözüğü ve atkı ipleri olmak üzere üç iplik sistemiyle üretilebilmektedir. Burada saçakları oluşturan iplikler zemin çözüğü iplikleridir. Dokumadan sonra terbiye işlemlerinden çıkmış olan top halindeki havlulara sırasıyla boyuna kesim, boyuna dikim ve enine kesim işlemi uygulanır. İlk aşamada top içerisinde, yan yana dokunmuş halde bulunan havlular özel bir makine yardımıyla boyuna doğrultuda kesilerek birbirinden ayrılırlar. Daha sonra başka bir makinede havluların uzun kenarları içe katlanarak dikilir. Havlular bu aşamada, tek sıra şeklinde kısa kenarlarından zemin çözüğü ipleriyle birbirleriyle bağlantılıdır. Sıradaki işlemde havlular, birbiriyle bağlandıkları zemin çözüğü iplerinin tam ortalarından kesilerek birbirinden ayrılırlar. Nihayetinde elde edilen havluların, kısa kenarlarından serbestçe sarkan çözüğü iplikleri saçakları oluşturmuşlardır. Bu aşamadan sonra üretim seçimine göre, bu saçaklar içe katlanarak dikilebilir veya düğümlenebilirler.

Tez kapsamında ele alınan konunun ikinci ve en önemli unsuru da düğümlerdir. Tasarlanan makinenin en kritik bileşeni düğüm atma mekanizması olduğundan dolayı, düğümler tez konusuyla doğrudan ilgilidir. Aşağıda; düğümlerin özelliklerinden, bileşenlerinden ve çeşitlerinden bahsedilmiştir.

Düğüm; nesnelere birbirlerine bağlamak, düğüm materyalini doğrudan nesneye bağlamak veya bir ya da birden fazla düğüm materyalini birbirlerine bağlamak için kullanılan kullanışlı bir uygulamadır. Düğüm materyali tek bir ipten oluşabileceği gibi, birden fazla ipten, sicimlerden, kayışlardan, halatlardan, zincirlerden, kablolardan ve lastikler gibi birbirlerine dolanabilen her türlü esnek malzemeden oluşabilir.

Düğümler, uzun zamandır hayatın çeşitli alanlarında kullanılmaktadır. Gemicilikte, izcilikte, dağcılıkta, cerrahide, tekstilde, günlük hayatta ve daha birçok yerde çeşitli düğüm şekillerine rastlanabilir. Örneğin günlük hayatta; ayakkabı bağcıklarında, şapkalarda, atkılarda, kravatlarda, çöp poşetlerinde, herhangi bir paketi bağlamak için vb. gibi yerlerde çok çeşitli düğümler kullanılmaktadır. Özellikle gemicilik, değişik tiplerde ve boyutlardaki yerleri birbirine bağlamak için çok çeşitli düğüm şekillerinin geliştirilmesine ve kullanılmasına neden olmuştur.

Çok fazla sayıda düğüm çeşidi olmasına rağmen düğümler genel olarak birkaç farklı bileşenden oluşur. Bunlardan bazıları; bight, crossing point, elbow, loop, working end, standing end (Sherry 2016). Burada ifade edilen bileşenler şu şekilde açıklanmaktadır: Bight, düğüm ipinin uçları arasındaki kavisli bir bölümünü ifade eder. Crossing point: Bir döngü oluşurken iplerin kesiştiği noktayı ifade eder. Elbow: İp üzerindeki üst üste iki kavisin olduğu yeri ifade eder. Loop: İpin uçlarının bir diğerinin üzerinden veya altından kesişerek, kısmi bir daire oluşturduğu bölümü ifade eder. Working end: Düğümü bağlamak için kullanılan ucu ifade eder. Aktif uç olarak da bilinir. Standing end: Düğümde kullanılmayan ipin uç kısmını ifade eder.

Düğümler, benzer bileşenlerden oluşsa da çeşitli şekilde sınıflandırılabilirler. Aynı düğüm birkaç değişik sınıfa ait olabilir. Nerede kullanıldıklarından hangi amaçla kullanıldıklarına kadar geniş bir yelpazede sınıflandırma yapılabilir. Ancak genellikle ortak özelliklerine diğer bir deyişle tiplerine göre sınıflandırma tercih edilir. Bunlardan bazıları; Bend: İki ayrı ipin ucunu birbirine bağlayan düğümleri ifade etmek için kullanılır (Avery 2014). Binding: Bağlama düğümü denilen bu düğüm tipi, bir nesnenin etrafından en az bir kere dolanarak onu sabitleyen, saran veya kavrayan düğümleri ifade etmek için kullanılır (Ashley 1944). Hitch: Bir ipi başka bir nesneye veya başka bir ipe bağlayan düğümleri ifade etmek için kullanılır (Adamides 2008). Lashing: İki veya daha fazla nesneyi birbirlerine sıkıca bağlamak için kullanılan düğümleri ifade etmek için kullanılır (Findley 2007). Loops: Döngü kullanılarak

yapılan düğümleri ifade etmek için kullanılır (Adamides 2008). Slipped: Bazı düğümlerde ucundan çekip çözmek için bir loop bırakılır. Bu tipteki düğümler için kullanılan bir ifadedir (Adamides 2008). Stopper: Çözülme için atılan düğümleri ifade etmek için kullanılır (Avery 2014).

Aşağıda değişik tiplerde, kullanışlı ve basit düğümlere örnekler verilmiştir. Bend tipi düğüm: Ashley (1944) kitabında 296 numaralı “Water Knot” Ring Knot olarak da bahsettiği bu düğüm, iki ipin uçlarını birleştirmek için kullanılır. İplerin bir tanesi adi düğüm (overhand knot) şekline getirilir, diğer ip de bu ipi paralel şekilde ancak zıt yönde takip ederek düğüm oluşturulur (Ashley 1944).

Binding tipi düğüm: Ashley (1944) kitabında 1204 numaralı düğüm olan “Reef Knot” Square Knot olarak bahsetmiştir. Biri diğerinden önce bağlanıp diğeri onun üzerine bağlanan iki tane, 1202 numaralı Half Knot Ashley (1944) düğümünden oluşur. Bağlandıktan sonra iki ucu ile birlikte çekilerek sıkılabilir. Kolileri, demetleri vb. bağlamada kullanılabilir. Kritik olmayan nesnelere için hafif yük altındaki yerlerde oldukça kullanışlıdır. Kolayca çözülebileceğinden ağır yükler için kullanılmamalıdır (Ashley 1944).

Hitch tipi düğüm: 1245 numaralı “Clove Hitch” düğümü Ashley (1944) silindirik bir nesnenin etrafına iki tane, 50 numaralı “Half Hitch” düğümü Ashley (1944) atılmasıyla yapılır. Hızlı oluşturulabilen basit bir düğümdür. İyi bir bağlama düğümü olmamasına rağmen bu amaç için sıklıkla kullanılır. Lashing düğümleri için başlangıç veya bitiş olabilir. İki ucuna da eşit yük binmezse kayabilir. Ağır yüklerde kullanılmamalıdır (Ashley 1944).

Lashing tipi düğüm: 2102 numaralı “Shear Lashing” düğümü Ashley (1944), iki tane silindirik uzun nesneyi birbirine bağlamak için kullanılır. İki direğin de belirli bir uzunluktaki uçları paralel şekilde yan yana getirilir. Öncelikle direklerden bir tanesine Clove Hitch düğümü atılır. Daha sonrasında, iki direğin de birlikte etrafını saracak şekilde, yaklaşık 8-9 kere ip dolandırılır. Bu 8-9 tane bağı dik şekilde, iki direğin arasından, bir iki tur ip dolaştırılır. Son olarak Clove Hitch düğümü atılmamış olan ikinci direğe de Clove Hitch düğümü atılır ve Shear Lashing tamamlanır (Ashley 1944).

Loop tipi düğüm: 1010 numaralı “Bowline” düğümü Ashley (1944), kullanışlı bir düğümdür. Yük altında sıkışmaz, bağlanması ve çözülmesi kolaydır. Ağır bir yük uygulandıktan sonra dahi kolayca çözülebilir. Kolay çözülebilmemesinden dolayı tehlikeli yerlerde kullanırken dikkatli olmak gerekir. Bir ipi ucuna halka oluşturmak için tercih edilir. Balıkçılıkta, yelkencilikte çokça kullanılır (Ashley 1944).

Slipped tipi düğüm: 1212 numaralı “Bowknot” düğümü Ashley (1944), ayakkabı bağı olarak da bilinir. Evrensel olarak uzun yıllardır basit bir şekilde ayakkabıların bağcıklarını bağlamada kullanılır. Uçlarından çekerek basitçe çözülür (Ashley 1944).

Stopper tipi düğüm: 420 numaralı “A Figure-Eight Knot” düğümü Ashley (1944) için ip, 8 rakamının şekline getirildikten sonra aktif ucunun ilk halkanın içinden geçirilmesiyle oluşturulur. Basit bir düğümdür. Durdurucuya ihtiyaç olan her yerde kullanılabilir. Kullanımdan sonra kolayca çözülebilir, sıkışmaz (Ashley 1944).

Stopper tipi düğüm için başka bir örnek olarak: Bu tezin de amacıyla doğrudan ilgili olan, 4 numaralı düğüm “Overhand Knot” (adi düğüm diğer adıyla basit düğüm veya kördüğüm)’dür (Ashley 1944). Bu düğüm en basit ve en küçük düğümdür. Muhtemelen çoğu insanın bağlamayı öğrendiği ilk ve en kolay düğümdür. Diğer birçok düğüm için temel oluşturur. Bir ipin, halatın veya kordonun ucuna tek başına bağlandığında durdurucu bir düğüm oluşturur veya ucun çözülmesini önleyebilir. Yük uygulandıkça sıkışır ve çözülmesi zorlaşır. Şekil 1.1’de görüldüğü üzere, düğümü oluşturmak için öncelikle ipi kendi üzerinden geçirerek bir daire oluşturulur. Düğüm atılacak olan uç kısım, diğer uç kısmın olduğu taraftan girecek şekilde dairenin içinden geçirilir. Düğümü sıkılaştırmak için, ipin iki ucu birbirinden uzak taraflara doğru çekilir (Ashley 1944).



Şekil 1.1: Overhand knot (adi düğüm).

Değişik tiplerdeki düğümler, farklı beklentilerden dolayı ortaya çıkmıştır. Bir düğümden beklenenler kullanım yerine göre farklılık gösterse de genel olarak şunlar söylenebilir: Kolay ve hızlı bağlanabilmeli, istenmeden çözülmemeli, ipin mukavemetini tehlikeli seviyede düşürmemeli, istenildiği zaman kolaylıkla çözülebilmeli, ipe veya bağlanan nesneye zarar vermemeli, yük altında sıkışmamalıdır.

Düğümlerden genel beklentilerin yanı sıra kullanım yerine göre özel beklentiler de olabilmektedir. Buna örnek olarak; süsleme için kullanılacak olan yerlerde, düğümden beklenen bir özellik olarak estetik görünümü verebiliriz. Bu tezin konusunun çıkış noktası da bu beklenti ile yakından ilgilidir. Aşağıda tezin konusuna neden olan problem ve tezin amacı açıklanmıştır.

Günümüzde, tekstil endüstrisinin ağırlıklı olduğu Denizli'deki bazı tekstil sanayicileri ile görüşmeler sonucunda, üretilen havluların kenar saçaklarının tek tek el işçiliği ile bağlandığı öğrenilmiştir. Böyle bir üretim sürecinde, el işçiliği ile makine işçiliği kıyaslandığında, ciddi bir zaman kaybı ve yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, bağlama işinde çalıştırılacak işgücü bulma sıkıntısı, havlu üretim kapasitesini de oldukça sınırlandırmaktadır.

Saçak düğümlenme (bağlama) işlemi açıklanacak olursa: Havlular dokunduktan sonra bir dizi işleme tabi tutulurlar; terbiye, boyama, kurutma, yumuşatma boyuna kesim, kenar dikimi vs. gibi. Bu işlemlerin devamında, top halindeki, çözgü iplikleriyle birbirlerine bağlı olan havlulara, enine kesim işlemi uygulanır. Birbirlerine bağlı olan havlular, aralarındaki çözgü ipliklerinin tam ortasından göz kararıyla kesilir. Top içindeki tüm havlulara bu işlem yapılır. Bu noktada, birbirleriyle bağlantıları kesilen havluların her iki kenarındaki çözgü iplikleri saçaklar haline gelmiştir (Şekil 1.2a). Dağınık şekilde duran bu saçaklar, gerek estetik açıdan gerekse sağlık açısından düğümlenirler. Bu saçaklardan yaklaşık 5 cm aralıklarla sırasıyla birer tutam alınır. Alınan bu tutam tek bir ip gibi düşünülecek olursa "Overhand Knot" (adi düğüm) şeklindeki düğüm ile tüm tutamlar sırasıyla düğümlenirler (Şekil 1.2b).



(a)



(b)

Şekil 1.2: Havlu kenarı a) Düğümlenmemiş, b) Düğümlenmiş.

Düğüm atmak insanlar için oldukça basit bir eylemdir. Ancak atılması gereken düğüm sayısının artması ve süre kısıtlaması, bu tekrarlı eylemin el işçiliği ile yapılmasını güçleştirmektedir. Bu zorluk, bu amaca hizmet edecek özel bir makine ile kolaylıkla aşılabılır. Bu yüzden, havlu kenarlarındaki saçakları bağlayabilen bir mekanizmanın geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu tezin amacı da, havlu saçakları için, çok sayıda düğümü hızlı bir şekilde bağlayabilen bir makinenin geliştirilmesidir.

1.1 Literatür Özeti

Giriş bölümünde belirtildiği üzere düğüm atma işlemi için makine tasarımı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Farklı düğüm atma işlemleri için yapılan farklı çalışmalardan bazıları yıl sırasına göre aşağıda anlatılmıştır.

Arnold (1897), dar bir şerit halinde dokunmuş tekstil ürününün, kenarlarından sarkan saçakları düğümlemek için bir makine geliştirmiştir. Makinenin çalışma prensibi olarak; bu saçaklı şerit, bir ucundan makineye beslenir. Makinede yol almaya başlayan saçaklar, bir düzenek ile belirli aralıklarla demet demet ayrılırlar. Düğümlenecek olan saçak demetleri; iğne, çubuk ve kancadan oluşan düğümleme mekanizmasına beslenirler. Düğümlenen saçak demeti ilerlerken, işlem sıradaki saçak demeti ile devam eder. Dikiş makinesi mantığına benzer olarak kenardaki saçaklar sırasıyla düğümlenirler.

Card ve diğ. (1969), dar şerit halindeki saçaklı bir tekstil ürününün, saçaklarını düğümleyecek bir makine geliştirmişlerdir. Düğümleme işlemi için; saçaklı şerit malzeme bir ucundan makineye beslenir. Saçaklar gruplandıktan sonra, dönen bir mekanizma saçak grubunu tutarak, bir iğnenin etrafına sarar. Bir kanca, iğnenin ortasından geçerek, iğneye sarılmış olan ipin aktif ucunu yakalar. Kanca yakaladığı iple birlikte, iğnenin ortasından geri çıkar. İğne, ipin aktif ucunu, ipin sarılmış olan kısmının içinden geçirerek, bir Half Hitch Knot şeklinde düğüm oluşturur. Sırasıyla, kenar boyunca saçaklar tek tek düğümlenirler.

Feighery (1970), kilim veya perdelerin kenarlarındaki saçakları düğümlemek için bir alet geliştirmiştir. Alet, iki ayrı blok ve bir vakum tüpünden oluşmaktadır. Vakum tüpü ortada kalacak şekilde iki blok birleştirildiğinde, içinden saçığın geçebileceği, düğüm motifinde bir yol oluşmaktadır. İpin aktif ucu blokların alt kısmından geçirildikten sonra, vakum yardımıyla yol boyunca hareket ederek, saçığın düğüm motifinin şeklini alması sağlanır. Son olarak, iki blok birbirinden ayrılarak düğüm sıkılır.

Richmond (2003), kilim ve benzeri ürünlerin kenarlarında kullanılmak üzere, aynı anda hem şerit şeklinde saçak dokuyan hem de bu saçakları düğümleyen bir makine geliştirmiştir. Makine ile önceden dokunmuş kenar saçakları da düğümlenebilmektedir.

Thomas ve Jenkins (2003), otomatik bir paket düğümleyici makinesi geliştirmişleridir. Dönen bir mekanizma ile paketin etrafına düğüm ipi sarılır. Birkaç tur sarımdan sonra, ipin aktif ucu bir kanca yardımıyla çekilerek, paketin etrafında Slip

Knot şeklinde bir düğüm oluşturulur. Slip Knot yapısı itibariyle, istenildiğinde bir ucundan çekilerek kolayca çözülebilmektedir.

Singhatat (2004), cerrahi işlemler esnasında kullanılacak, iki dikiş ipini birbirine bağlayabilen bir alet geliştirmiştir. Alet, boru şeklinde bir dış parça ile borunun içinde hareket edebilen bir iç parçadan oluşur. Dış parçanın ve iç parçanın ucuna ipi tutabilmek için yuva açılmıştır. İp bu dış parçadaki yuvaya yerleştirildikten sonra, iç parça borunun içinde itilerek ipi yakalaması sağlanır. İç parça ipi yakaladıktan sonra, boru içinde döndürülerek, yakaladığı ipin çember formuna gelmesi sağlanır. İkinci dikiş ipi bu çemberin içinden geçirildikten sonra, iç parça geri çekilerek düğüm oluşturulur.

Ohnishi ve diğ. (2005), düğüm bağlama görevi yapan bir robot el geliştirmek için yeni bir iletim mekanizması üzerine çalışmışlardır. Bu el ile engelli insanlara yardımcı olmayı amaçlamışlardır. İlk olarak, bir reef knot tipi düğüm işlemini 24 aşamaya bölerek analiz etmişlerdir. Daha sonra, bu analizden yola çıkarak ve amaçları doğrultusunda, üç basamaklı ve çok işlevli bir robotik el tasarlamışlardır.

Hines (2008), çoğunlukla balıkçılıkta kullanılan Bimini Twist Knot şeklindeki düğümün oluşturulmasında yardımcı olarak kullanılacak bir aleti geliştirmiştir. Bu alet ile Bimini düğümü daha kolay ve hassas şekilde bağlanabilmektedir. Ayrıca düğüm uzunluğu ve düğüm arası mesafe de ayarlanabilmektedir.

Jochum (2008), balıkçılıkta kullanılan olta iğnelere misina bağlayabilmek için yardımcı bir alet geliştirmiştir. Kullanımı basit, küçük boyutlu ve taşınabilir olan bu alet ile iğne tarafından kazara yaralanmaların önüne geçip, düğüm atma işlemini basitleştirerek, çözülmeyen, sağlam düğümler atmayı amaçlamıştır. İp, aletin gerekli yerlerinden ve iğnenin deliğinden geçirildikten sonra, alet etrafından döngüler oluşturacak şekilde döndürülür. Son olarak ipin aktif ucu, döngülerin etrafından da geçirildikten sonra sıkılarak, istenilen düğüm kolay bir şekilde oluşturulmuş olur.

Bell ve Balkcom (2008), tek parça fikstür ile düğüm oluşturulması üzerine çalışmışlardır. Bu düğüm kutusunun iç kısmını oluşturulacak düğümün motifi şeklinde tasarlamışlardır. Ancak, düğüm oluşturulduktan sonra kutuyu kırmadan ipi çıkarabilmek için, iç kısımda gerekli yerleri kesikli yapmışlardır. Böylece düğüm

oluşturulduktan sonra ip çekilerek kutudan çıkarılabilmektedir. Düğüm ipi olarak lehim teli kullanmışlardır. Bunun yanında zil teli, misina gibi sert materyallerden de düğüm oluşturmuşlardır. Tel, bir robot kol ile kutunun içine itilerek düğüm oluşturulduktan sonra da yine aynı robot kol ile kesilmiştir. Square knot ve overhand knot tipleri için farklı düğüm kutuları tasarlamışlardır.

He ve diğ. (2012), şerbetçiotu üretiminde; yüksekte geçen bir tele sarmaşıkların sarılması için, aşağı salınan bir ipi bağlayabilecek bir tasarımın geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Mekanizma için, 6 tane dönerli 3 tane doğrusal eyleyiciden oluşan bir tasarım oluşturmuşlardır. Bu tasarım ile yerden yaklaşık 6 metre yukarıdaki bir halatın etrafına, Clove Hitch tipinde bir düğüm atılabilmektedir. Tasarım üretilip test edilmiş ve başarılı bulunmuştur.

Xiao ve diğ. (2012), cerrahi işlemlerde kullanılmak üzere bir master – slave robot kullanarak, Square Knot şeklinde bir düğümün oluşturulabilmesi için, bir yörünge planlaması üzerine çalışmışlardır. Yörüngeyi SolidWorks programı ile simule edip, daha sonra robot düzeneği ile test etmişlerdir. Test sonucuna göre yörünge, düğüm oluşturma otomasyonunda kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

He ve diğ. (2013), bir ipin etrafına Clove Hitch düğümü atabilen bir mekanizma geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarında, önceki çalışmalarında kullandıkları çift kollu mekanizma yerine, tek kollu ve pnömatik silindirler ile çalışan bir mekanizma tasarlamışlardır. Tasarımı üretmişlerdir ve tasarım üzerinde yaptıkları testlere dayanarak, mekanizmanın başarı ile çalıştığı sonucuna ulaşmışlardır.

Neuhofer ve diğ. (2014), cerrahi işlemde atılan bir düğümün, ne kadar bir kuvvetle sıkılmasının yeterli olacağı üzerine çalışmışlardır. Üç farklı iğneli dikiş ipi ile, 0,5 ile 50 N arasında değişen 7 farklı yükleme durumuna göre, 5-7 katlı Square Knot tipinde düğüm atarak sonuçları incelemişlerdir. Sonuçlara göre genel olarak, düğümü mümkün olduğu kadar sıkmanın mantıklı olduğu ve FibreWire iğneli dikiş ipi ile en az 6 ama daha iyisi 7 kat düğüm atılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Bell ve diğ. (2014), 4 parçalı fikstür kullanarak, değişik tiplerdeki düğümleri oluşturmaya çalışmışlardır. Fikstürün çalışma prensibi: Fikstürün 4 parçası birleştirildikten sonra, fikstürün iç kısmında düğüm motifinin şekli oluşturulmaktadır.

Fikstürün bir tane giriş kısmı bir tane de çıkış kısmı bulunmaktadır. Giriş kısmından basınçlı hava yardımıyla beslenen ip, fikstürün içindeki yol boyunca hareket ederek düğüm motifinin şeklini almaktadır. İp, çıkış kısmından çıktıktan sonra fikstür açılmaktadır. Gevşek halde olan ipin iki ucundan çekilerek düğüm sıkılmaktadır. Bu çalışmada 7 farklı düğüm motifine göre 7 farklı fikstür tasarlanmıştır.

Wang ve diğ. (2015), bir düğüm oluşturabilmek için, bir fikstür tasarlamışlardır. Bu fikstür daha önce yapılan çalışmalarından, parçalı fikstür ile iğneli fikstürün birleşiminden oluşmaktadır. Fikstürün çalışma prensibi: İp, parçalı fikstürün kanallarından geçirildikten sonra fikstür açılır. Parçalı fikstürün içindeki çubukların etrafına dolanan ip, uçlarından yavaşça çekilmesiyle çubukların üzerinden kayarak, düğüm motifinin şeklini alır.

Kudoh ve diğ. (2015), çift kollu ve çok parmaklı bir robot kullanarak, bir ipin havada asılı halde iken, düğümlemesi üzerine çalışmışlardır. İlk olarak, atılacak olan düğüm figürünü, master-slave yöntemiyle robota öğretmişlerdir. Daha sonra robotun, kendine öğretildiği şekilde hareketleri tekrar ederek, aynı düğümü kendi başına atabilmesini sağlamışlardır.

Wang ve Balkcom (2016), karmaşık motiflerdeki düğümleri yapabilmek için fikstür tasarımı çalışması yapmışlardır. Bu tasarımı yaparken; düğüm motifini oluşturduktan sonra iplerin kesişerek oluşturduğu hücrelere, iğneler yerleştirmişlerdir. İğneler yerleştirildikten sonra, ipi iki ucundan çekerek sıkıştırmışlardır. Boşa çıkan iğneleri platformdan kaldırarak, her bir iğnenin sadece bir tane iple kesişebilmesi için, iğnelerin aralarını açmışlardır. Son olarak, düğüm sıkıldığında iç tarafta kalan iğneleri hareketli hale getirmişlerdir.

Gao ve diğ. (2016), tarımda kullanılan balya bağlama mekanizmasının bir analiz programı ile analiz edilmesi üzerine çalışmışlardır. Mekanizmanın tasarımını, SolidWorks programından alarak analiz programı olan ADAMS' a aktarmışlardır. İpi modellemek için 2 mm çapında 1 mm uzunluğunda olan 250 tane silindiri uç uca bağlayıp ilişkilendirmişlerdir. Geri kalan kuvvet, ilişki, gibi parametreleri girip simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Simülasyon sonuçlarından, mekanizmanın düğümü başarılı bir şekilde gerçekleştirdiğini görmüşlerdir. Bunun üzerine tasarımı üretilip çalışmasını test etmişlerdir. Bu test sonucu ile simülasyon sonucunu

karşılaştırıp, simülasyonun güvenilirliği ve yeni tasarımlarda kullanılabilceği sonucuna ulaşmışlardır.

Benson (2016), cerrahide düğüm atma işleminde veya iğneyi tutmak için kullanılan, farklı tipte bir tutucu alet geliştirmiştir. Biri sabit iki çeneden oluşan tutucu çeneleri 90° üzerinde açılarak diğer tutuculara göre avantaj sağlamaktadır. Bu tutucular ile düğümlenme işleminin daha hızlı ve daha basit bir şekilde yapılması amaçlanmıştır.

Özin ve diğ. (2017), laparoskopik cerrahide kullanılan bir kavrayıcı mekanizma için, analitik bir model oluşturmaya çalışmışlardır. Kavrayıcının 2D modeli üzerinden elde ettikleri analitik model ile kuvvet analizi yapmışlardır. Analiz sonuçlarını, hazırladıkları deney düzeneği ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Birbiriyle tutarlı çıkan sonuçlara göre, elde edilen analitik modelin yeni kavrayıcı tasarımlarında kullanılabilceğini göstermişlerdir.

Yamakawa ve diğ. (2017), esnek bir ipin yüksek hızlı ve çok parmaklı bir robot el kullanılarak düğümlenmesi üzerine çalışmışlardır. Bir insan denek kullanarak analizi yapılacak olan düğümü oluşturmuşlardır. Düğümlerin analizini yaparak, iki çeşit; overhand knot ve half hitch düğümünü robot el ile oluşturmuşlardır.

Vinh ve diğ. (2017), bir ipe düğüm atılırken, bu işlem süresince düğüm atan el ile düğüm atılan ipin konumlarının analizi üzerine çalışmışlardır. Öncelikle, bir ipi bir ucundan sabit tutarak havada sarkıtmışlardır. Havada asılı olan bu ipi, bir insanın sadece iki parmağını kullanarak “Overhand Knot” düğümü ile düğümlenmesini sağlamışlardır. Bu düğüm işlemi boyunca insanın parmakları ile ipin konumlarını kayıt altına almışlardır. Daha sonra insan elini taklit eden iki parmaklı bir robot kullanarak aynı düğüm işlemini robot tarafından yaptırmışlardır. Düğüm işlemini bir kamera ile görüntüleyerek, insan parmakları – ip arasındaki konum ilişkisi ile robot parmakları – ip arasındaki konum ilişkisini karşılaştırmışlardır. İkinci durumda oluşan konum hatalarının tespit edilip düzeltilmesini sağlayarak, düğümlenme işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Watanabe ve diğ. (2017), şekil tanıma yöntemiyle, endüstriyel bir robot kol kullanarak, Overhand Knot şeklinde bir düğümün oluşturulması üzerine çalışmışlardır.

Düğümün 3 boyutlu şeklini kamera yardımıyla saptadıktan sonra, düğüm teorisinden yararlanarak, düğümün P-data gösterimini belirlemişlerdir. P-data yardımıyla yörünge planlaması oluşturarak, robot kol ile düğüm bağlama işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Alnema ve diğ. (2018), mikro cerrahide kullanılan kavrayıcı aletin (Atruamatic Grasper), kavrama kuvvetinin kontrol edilebileceği şekilde teorik tasarımı üzerine çalışmışlardır. Bu amaçla, kavrayıcı üzerine bir yük hücresi (load cell) ve eyleyici yerleştirmişlerdir. PI kontrol sistemiyle yük hücresinden gelen verilere göre eyleyici ile uygulanan kuvveti ayarlamışlardır.

Mashhour (2018), olta iğnesi, dikiş iğnesi gibi malzemelerin deliklerine ip bağlayabilen bir alet geliştirmiştir. Alet dış silindir ve iç silindir olmak üzere iki parçadan oluşur. İp, iğnenin deliğinden geçirildikten sonra, iç parça ile döndürülerek çemberler oluşturulur. İp, oluşan çemberlerin uygun yerlerinden geçirildikten sonra düğüm bağlanır. Dış silindirin üzerindeki kesiciler ile de ipin fazlalığı kesilebilir.

Muneta ve diğ. (2019), bir kablo demetini bağlamak için tam kazık bağı (clove hitch) adı verilen düğüm modelini atabilecek bir prototip aracın geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Bu düğüm şeklini atabilmek için, düğüm modelinin kalıbını oluşturmuşlardır. İpin kalıp içindeki oluklardan sıkışmadan geçebilmesi için, olukların eğriliklerini buna uygun şekilde tasarlamışlardır. Kalıp, kablo demetini sarabilmesi için iki ayrı parça şeklinde tasarlanmıştır. Kablo demeti, kalıbın ortasından geçirildikten sonra kalıp kapatılmaktadır. Düğüm yoluna, tam kazık bağı şeklini alacak bağ ipi itilmektedir. İp tüm yol boyunca yol aldıktan sonra kalıp açılıp düğüm oluşturulmaktadır.

Seo ve diğ. (2019), deforme olabilen nesnelere biri olan, bandana ile çalışmışlardır. Bant şeklinde olan bu kafa bandını, çift kollu bir robot kullanarak silindirik bir nesnenin etrafına bağlamaya çalışmışlardır. Bu işlemi dört adımda yapmışlardır. İlk olarak bandanayı robot elleri ile tutmuşlardır. İkinci olarak, bandı nesnenin etrafına sardırılmışlardır. Üçüncü olarak bandanayı, bir Half Hitch düğümü oluşturacak şekle getirmişlerdir. Dördüncü ve son olarak da oluşturulan bu düğümü robot kollar ile sıkılmışlardır.

Meng ve diğ. (2019), yeni bir balya bağlama mekanizması üzerine çalışmışlardır. Bu sistemde hareket aktaran elemanlardan biri olarak; balya ipinin, döndürölüp ve tutulmasını sağlayan kanca mekanizmasını tahrik eden yeni bir, yarım dişli mekanizması tasarlamışlardır. ADAMS programı üzerinde, tasarımın kinematik analizini gerçekleştirmişlerdir. Daha sonra tasarımı üretip test ederek, yeni tasarımın başarı ile çalıştığı sonucuna ulaşmışlardır.

2. DÜĞÜM BAĞLAMA MAKİNESİNİN TASARIMI

Bu çalışma kapsamında, bilgisayar destekli tasarım (CAD) programı olarak SolidWorks kullanılmıştır. Tasarım gereksinimleri doğrultusunda; geliştir, kontrol et ve ilerle anlayışıyla yol alınmıştır. Uygulanabilirlik çerçevesinde boyutsal özellikler dikkate alınarak ve gerekli olduğu yerlerde SolidWorks programının simülasyon özelliğinden de yararlanılarak, tasarım geliştirilmiştir. Aşağıda, program içi simülasyon ve tasarım ekranlarından alınan görüntülerle, makine çalışma prensibi anlatılmıştır.

Bu çalışmanın nihai amacı havlu kenarlarındaki saçakların düğümlenmesidir. Bu düğümlerden beklenen birkaç tane özellik vardır. Tasarım yapılırken bu özelliklerin sağlanması gözetilmiştir. Düğümlerden beklenen özellikler, aşağıda sırasıyla belirtilmiştir.

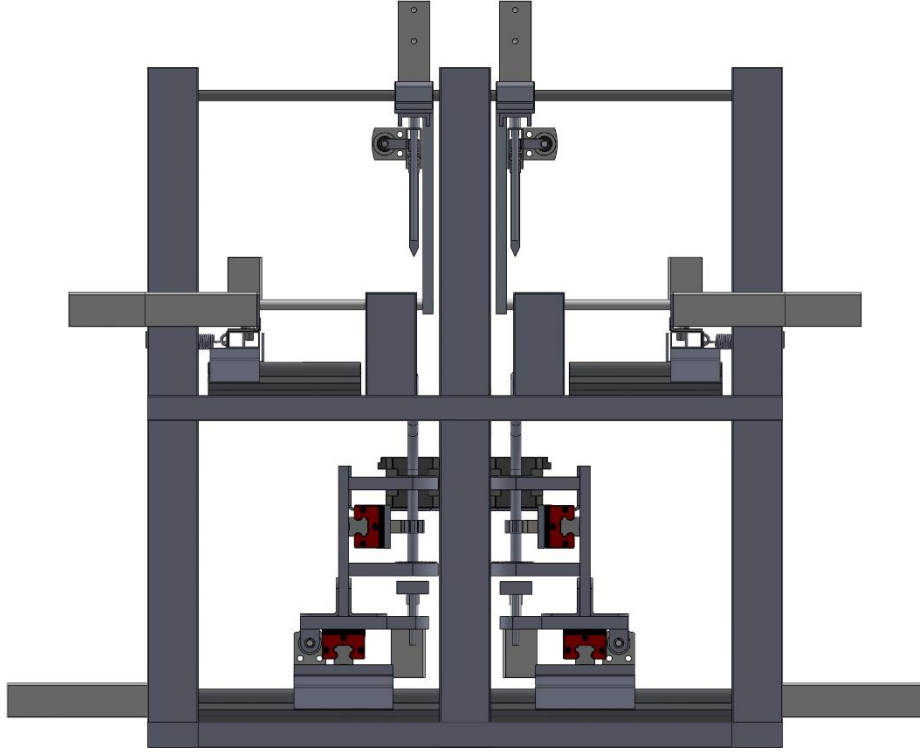
- Saçaklar kendileri ile düğümlenecektir; düğümleme işlemi için harici ip kullanılmayacaktır.
- Düğüm şekli olarak adi düğüm (Overhand Knot) kullanılacaktır.
- Daha önce elle düğümlenmiş havlular incelenerek, düğümler arasında 6 cm mesafe bulunmasına karar verilmiştir.
- Düğümleme işlemi, el ile yapılan işlemden daha uzun sürmemelidir.

Yukarıda verilmeyen bir madde olarak, saçaklı kenarların uzunluğu da önemli bir tasarım değişkenidir. Ancak çok çeşitli uzunluklarda havlu üretimi yapılmaktadır. Bu çalışmanın asıl amacının da havlu kenarındaki saçakların düğümlenmesi olduğundan dolayı ve ayrıca yapılan tasarımda, tasarımın çalışma prensibinde bir değişiklik yapılmadan sadece mekanizma sayısının artırılmasıyla, değişik uzunluklardaki havluların da saçaklarının bağlanabileceği için, bu değişken dikkate alınmamıştır. Yapılan 580 x 720 x 590 mm boyutlarındaki bilgisayar destekli tasarımda, 120 mm kenar uzunluğuna sahip bir havlu için, 60 mm aralıklarla 3 adet düğüm atılmaya çalışılmıştır.

Havlular, düğümleme işlemine geçmeden önce top şeklinde hazır olmaktadır. Elle yapılan düğümleme işlemi için; top halindeki havlular bağlantı yerlerinin ortalarından elle kesilerek, bütün havlular tek tek elde edilir. Tek bir havlu haline geldikten sonra, havlunun her iki kenarı da sırasıyla düğümlenir. Ancak bu çalışmada kapsamında yapılan tasarımda; havlular kesilmeden top halinde alınarak, düğümlenmeden hemen önce makine tarafından kesilmekte ve sürekli akan top şeklindeki havluların kesilen her iki tarafı bir seferde düğümlenmektedir. Böylece top şeklindeki havlular, bir birlerinden hem ayrılmakta hem de kesilen iki kenar saçakları da düğümlenmektedir. Top kısmına bağlantılı olan havlunun diğer kenarı, sıradaki bağlama işleminde düğümlenmektedir. Toptan ayrılan havlunun diğer kenarı ise bir önceki bağlama işleminde bağlandığından dolayı, iki kenarı da bağlanmış olur.

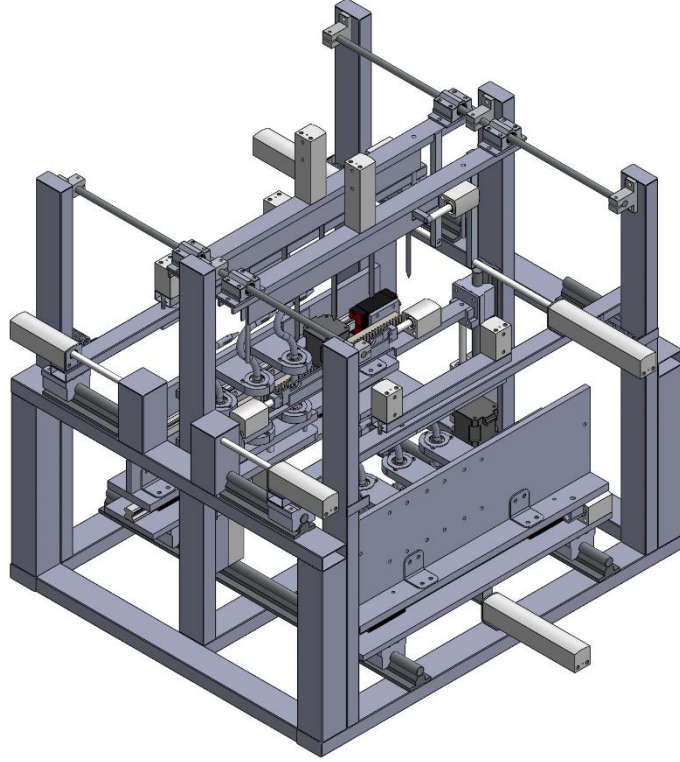
Saçaklar düğüm şekline, bir kanca mekanizması yardımıyla getirilmektedir. Grove (2016) tarafından yapılan tasarımda, baston şeklindeki bir kanca 270° döndürülerek, şerit şeklindeki ipin kancanın etrafına dolanması sağlanır. Kancanın ucundaki tutucu düzenek, şeridin aktif ucunu yakalar. Kanca, ilk döndüğü yönün ters yönünde 180° döndürülür. Bir gerdirici düzeneğin, şeridin diğer ucunu aşağıya çekmesiyle düğüm atılır. Bu tez kapsamında tasarlanan makine; iki tarafı da kesik olan tek bir ipin düğümlendiği bu düzenekten istifade edilerek, çok saçaklı havlu kenarı düğümleme makinesi olarak yeniden tasarlanmıştır.

Tasarlanan makine, aynı anda iki farklı havlunun birer kenarını bağlayabilmektedir. Havlular sağ ve sol iki farklı havlu diye isimlendirecek olursa; makine de sağ kısım ve sol kısım diye iki kısımda incelenebilir. Bu sağ kısım ve sol kısım aynı işlevi yerine getirdiği için tasarım olarak da birbirinin aynısıdır. Şekil 2.1’de tasarımı yapılan makinenin ön görünüşü verilmiştir. Verilen bu resimde makine, ortasından hayali bir düzlem ile bölünürse, sağ kısım ile sol kısmın birbirinin simetrisi olduğu görülebilir.



Şekil 2.1: Havlu saçağı bağlama makinesi ön görünüşü.

Ayrıca Şekil 2.2’de, tasarlanan makinenin perspektif görünümü verilmiştir.



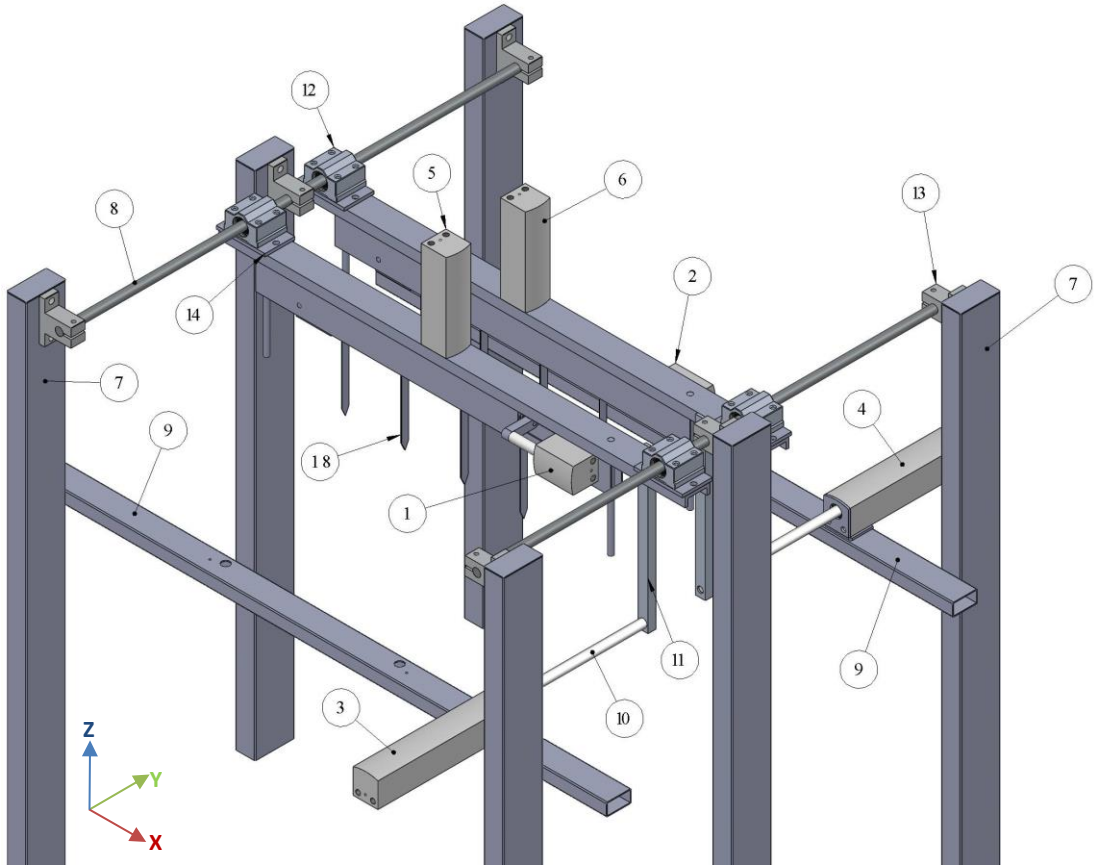
Şekil 2.2: Havlu saçağı düğümleme makinesi.

Bu çalışma kapsamında tasarlanan makine 4 bölüme ayrılarak incelenebilir.

1. Saçak Ayırıcı Düzenek
2. Havlu Tutucu Düzenek
3. Saçak Tutucu ve Kesici Düzenek
4. Düğüm Atıcı Kanca Düzeneği

2.1 Saçak Ayırıcı Düzenek

Bu kısmın görevi, saçakları oluşturan çok sayıda sıralı ipi 6 cm aralıklarla birbirinden ayırarak, saçak demeti haline getirmektir. Böylelikle bu çok sayıda ip birleştirilerek, tek bir tane kalın ipmiş gibi düğüm atılabilecektir.



Şekil 2.3: Saçak ayırıcı düzeneğin makine üzerindeki konumu.

Şekil 2.3’de, saçak ayırıcı düzeneğin geniş açı izometrik resmi görülmektedir. Düzenekteki numaralandırılmış önemli bileşenlerin görevleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1 numaralı bileşen, FM-l-x diye isimlendirilen pnömatik silindiridir. Bu silindirin ileri ve geri hareketiyle, saçakları demetler haline getirecek olan iğneler (18. bileşen) de ileri ve geri hareket eder. Buradaki “FM” ifadesi, silindirin kullanım amacı olan saçak yapıcı anlamında kullanılır. Silindirin makinenin sol tarafında çalıştığını belirtmek için “l” ifadesi, sağ taraf için ise “r” ifadesi kullanılır. Son olarak “x” ifadesi ise silindirin X ekseninde çalıştığını belirtmek için kullanılır. Ayrıca Y eksenini için “y” ve Z eksenini için de “z” ifadesi kullanılır.

2 numaralı bileşen olan FM-r-x diye isimlendirilen pnömatik silindir de 1 numaranın yaptığı aynı işlemi karşı taraftaki havlu için yapar.

3 numaralı bileşen, FM-l-y diye isimlendirilen pnömatik silindiridir. Saçak ayırıcı düzeneğin, iki havlunun orta noktası ile havludan saçakların çıktığı kenar kısmı arasında hareket etmesini sağlar.

4 numaralı bileşen olan FM-r-y diye isimlendirilen pnömatik silindir de 3 numaralı silindirin yaptığı aynı işlemi karşı taraftaki havlu için yapar.

5 numaralı bileşen olan FM-l-z diye isimlendirilen pnömatik silindir, iğneleri taşıyan düzeneği aşağı yukarı yönde hareket ettirerek, iğnelerin saçakların arasına indirilmesini sağlar.

6 numaralı bileşen, FM-r-z diye isimlendirilen pnömatik silindir de 5 numaralı silindirin yaptığı aynı işlemi karşı taraftaki havlu için yapar.

7 numaralı bileşen, saçak ayırıcı düzeneğin taşıyıcı kolonlarıdır.

8 numaralı bileşen: Saçak ayırıcı düzeneğin y ekseninde serbestçe hareketi lineer rulman ve kılavuz mil ile sağlanır. 8 numaralı bileşen, burada bahsi geçen, y eksenindeki harekette taşıyıcı olarak görev yapan mildir.

9 numaralı bileşen: Havlu tutucu ve gerdirici düzeneğin bir parçası olan bu bileşen, 3 numaralı silindiri üzerinde taşıdığı için burada gösterilmiştir. Saçak ayırma düzeneğinin, havlu gerdirme düzeneğinin hareketlerinden etkilenmemesi için, 3 numaralı silindir bu bileşenin üzerine konumlandırılmıştır. Böylece havlu gerdirilirken veya gevşetilirken, saçakları ayıran iğneler bu hareketten etkilenmeyerek konumunu koruyabilmektedir.

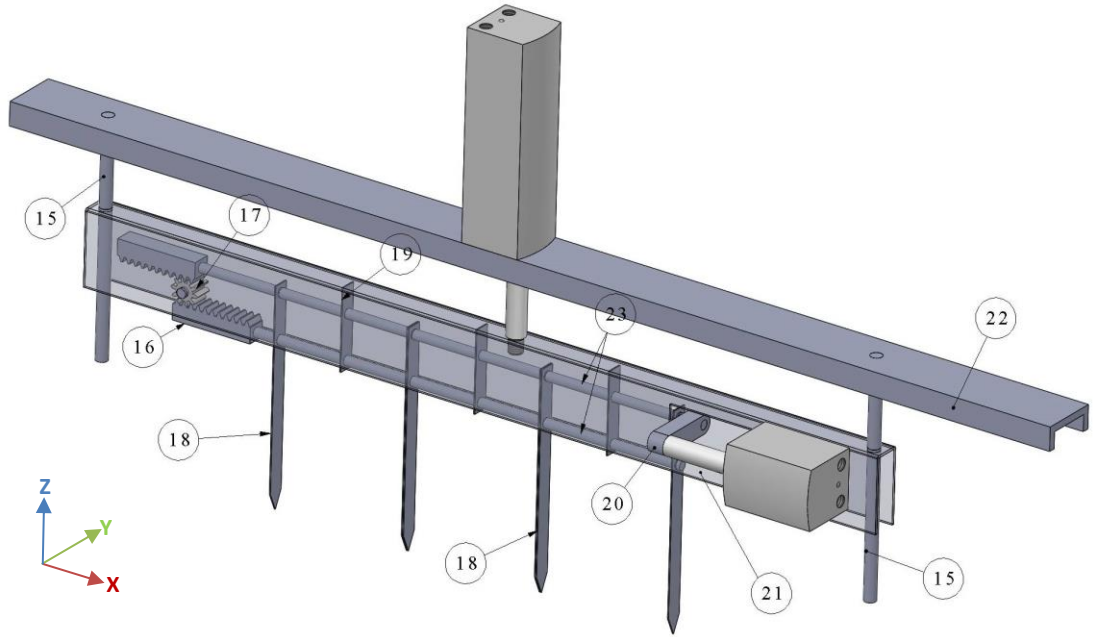
11 numaralı bileşen: 10 numaralı pistonla bağlı olan, bu pistonla aldığı hareketi saçak ayırma düzeneğine ileten parçadır.

12 numaralı bileşen, 8 numaralı milin üzerinde hareket eden lineer rulmandır.

13 numaralı bileşen, 8 numaralı mili 7 numaralı taşıyıcı kolon üzerinde sabitleyen parçadır.

14 numaralı bileşen, saçak ayırıcı düzeneğe ileten hareketi 12 numaralı rulmanın birbirlerine bağlanmasını sağlayan ara parçadır.

Şekil 2.4'te saçak ayırıcı düzeneğin, dar açı izometrik resmi görülmektedir. Resimdeki 21 numaralı bileşen, içinde bulunan kremayer sisteminin görülebilmesi için şeffaflaştırılmıştır. Aşağıda saçak ayırıcı düzenekte bulunan bileşenler sırasıyla izah edilmiştir.



Şekil 2.4: Saçak ayırıcı düzeneğe.

15 numaralı bileşen, saçak ayırıcı düzeneğin z ekseninde hareket edebilmesini sağlayan kılavuz pimdir.

16 numaralı bileşen: Saçak ayırıcı iğnelerin, tek yönde verilen tahrik ile zıt yönlerde hareket etmesini sağlayan, kremayer dişlisi ve buna bağlı çubuktur.

17 numaralı bileşen, düz kramayer dişlisi ile çalışan kuvvet ve hareket ileten pinyon dişlisidir.

18 numaralı bileşen, saçakların aralarına girerek onları birbirinden ayıran iğnelerdir.

19 numaralı bileşen: Saçak ayırıcı düzeneğin gövdesine sabitlenen bu parça, iğneleri taşıyan millere kılavuzluk yapar ve millerin taşınmasını sağlar.

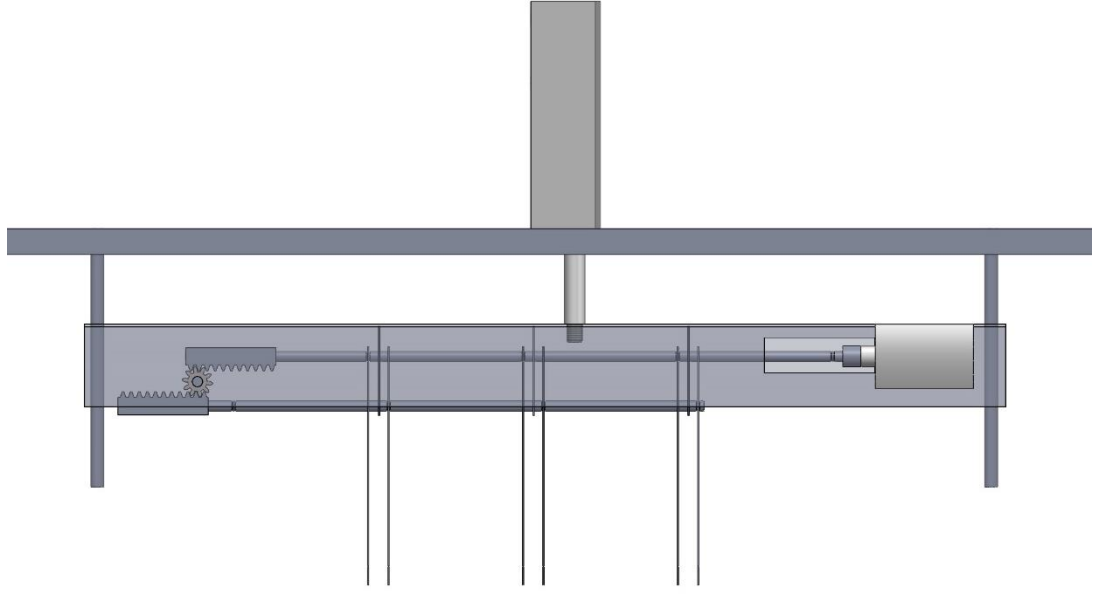
20 numaralı bileşen, pnömatik silindirden aldığı hareketi 23 numaralı mile aktaran parçadır.

21 numaralı bileşen, saçak ayırma düzeneğinin elemanlarını taşıyan gövdedir.

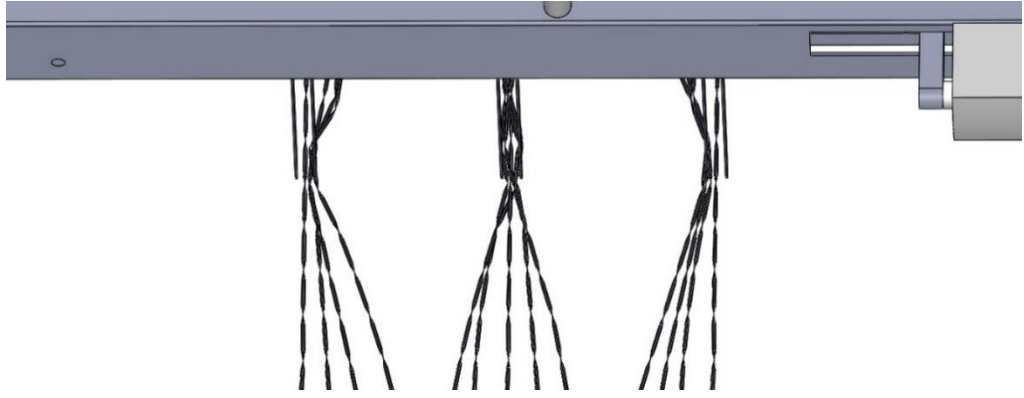
22 numaralı bileşen, saçak ayırma düzeneğini taşıyan giriş görevindeki U profilidir.

23 numaralı bileşen: İğneleri taşıyan, onların hareket etmesini sağlayan millerdir.

Şekil 2.5a'da iğnelerin, saçak iplerini bir araya topladığı durumda, aldığı konumlar görülmektedir. FM-x pnömatik silindirinin pistonu geri çekildiğinde, pistonu bağlı olan mil de geri doğru çekilmiştir. Kremayer dişli sistemi sayesinde alttaki mil de üstteki mile tam ters istikamette yol almıştır. Böylece; iğneler birbirlerine yaklaşarak, aralarına girdikleri saçak iplerini demetler halinde bir araya toplarlar. Şekil 2.5b'de simülasyon içinden alınan ekran görüntüsü görülmektedir. Burada görülen saçak ipleri, 1 mm çapında 15 mm uzunluğundaki silindirik parçaların uç uca birbirlerine eklenmesiyle, ip görünümünü sağlamak için özel olarak modellenmiştir.



(a)

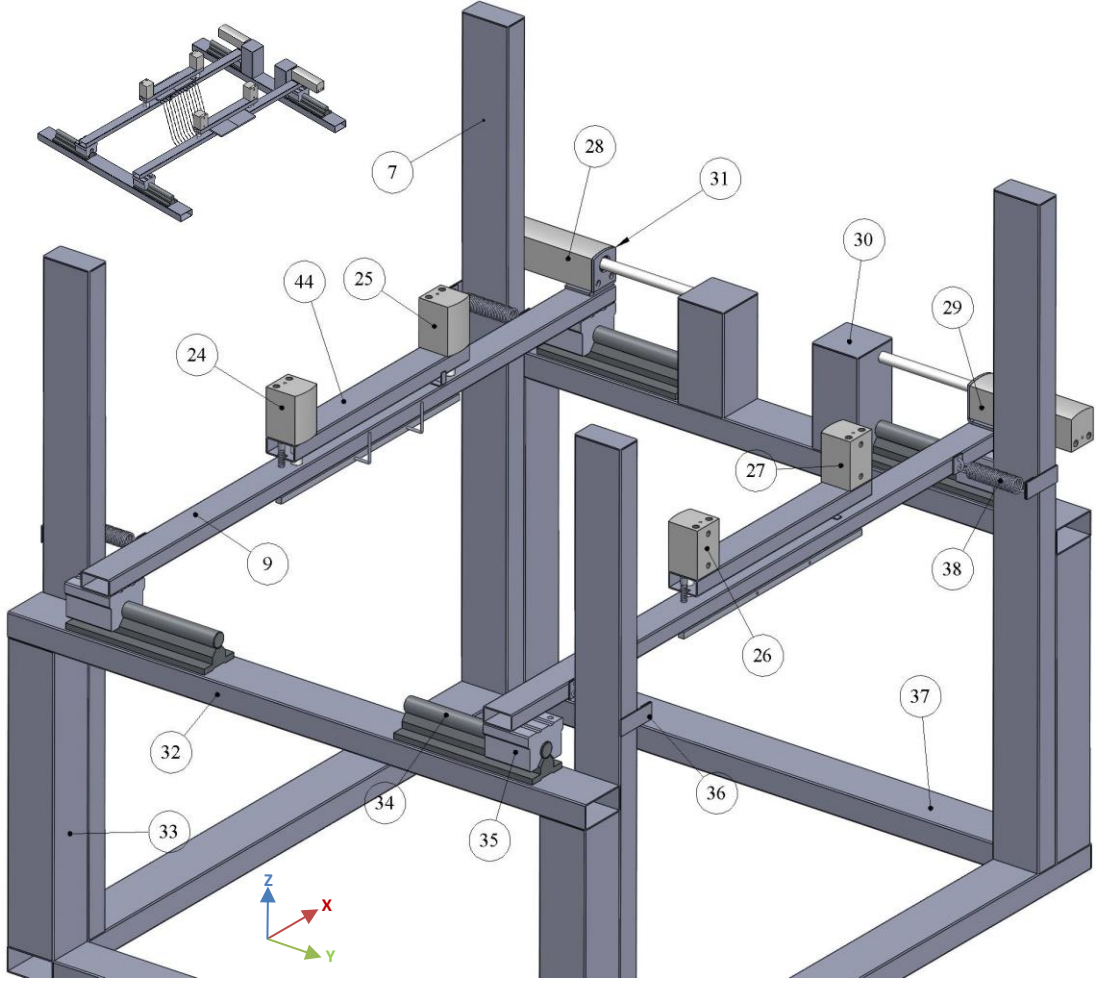


(b)

Şekil 2.5: Saçak ayırıcı düzenek a) Saçaksız, b) Saçaklı.

2.2 Havlu Tutucu Düzenek

Bu kısmın görevi; havluları, saçaklarının hemen gerisinden sıkıştırarak tutmaktır. Ayrıca havlu tutulduktan sonra, yine bu kısımdaki pnömatik silindirler ile gerektiği zaman gevşetilip gerdirilebilmektedir. Şekil 2.6'da havlu tutucu mekanizmanın geniş açı izometrik resmi görülmektedir. İlgili parçaların izahı aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.



Şekil 2.6: Havlu tutucu düzeneğin makine üzerindeki konumu.

24 numaralı TH-l-1 isimli pnömatik silindir, havluyu 9 numaralı profil ile 44 numaralı profil arasında sıkıştırıp, sabitlemek için kullanılır. Buradaki “TH” ifadesi, silindirin kullanım amacı olan havlu tutucu anlamında kullanılır. Silindirin makinenin sol tarafında çalıştığını belirtmek için “l” ifadesi, sağ taraf için ise “r” ifadesi kullanılır. Son olarak “1” ifadesi ise yan yana, aynı görevde çalışan silindirleri belirlemek için kullanılan numaradır.

25 numaralı TH-l-2 isimli pnömatik silindirin görevi 24 numaralı silindir ile aynıdır. İkisi de, üzerinde buldukları profilin birer ucuna konumlandırılmıştır.

26 numaralı TH-r-1 isimli pnömatik silindir de, 24 numaralı silindirin yaptığı aynı işlemi karşı taraftaki havlu için yapar.

27 numaralı TH-r-2 isimli pnömatik silindir de, 25 numaralı silindirin yaptığı aynı işlemi karşı taraftaki havlu için yapar.

28 numaralı bileşen: TS-l isimli pnömatik silindir, saçakları gerdirmek ve gevşetmek için kullanılır. Buradaki “TS” ifadesi, silindirin kullanım amacı olan havlu gerdirici anlamında kullanılır. Silindirin makinenin sol tarafında çalıştığını belirtmek için “l” ifadesi, sağ taraf için ise “r” ifadesi kullanılır

29 numaralı TS-r isimli pnömatik silindir de, 28 numaralı silindirin yaptığı aynı işlemi karşı taraftaki havlu için yapar.

30 numaralı bileşen, 28 ve 29 numaralı silindirlerin pistonlarının tutunduğu profillerdir.

31 numaralı bileşen, pnömatik silindirleri profillere sabitlemek için kullanılan parçadır.

32 numaralı bileşen, havlu tutucu düzeneği taşıyan giriş görevindeki profildir.

33 numaralı bileşen: Havlu tutucu düzeneği taşıyan kolon görevindeki profildir.

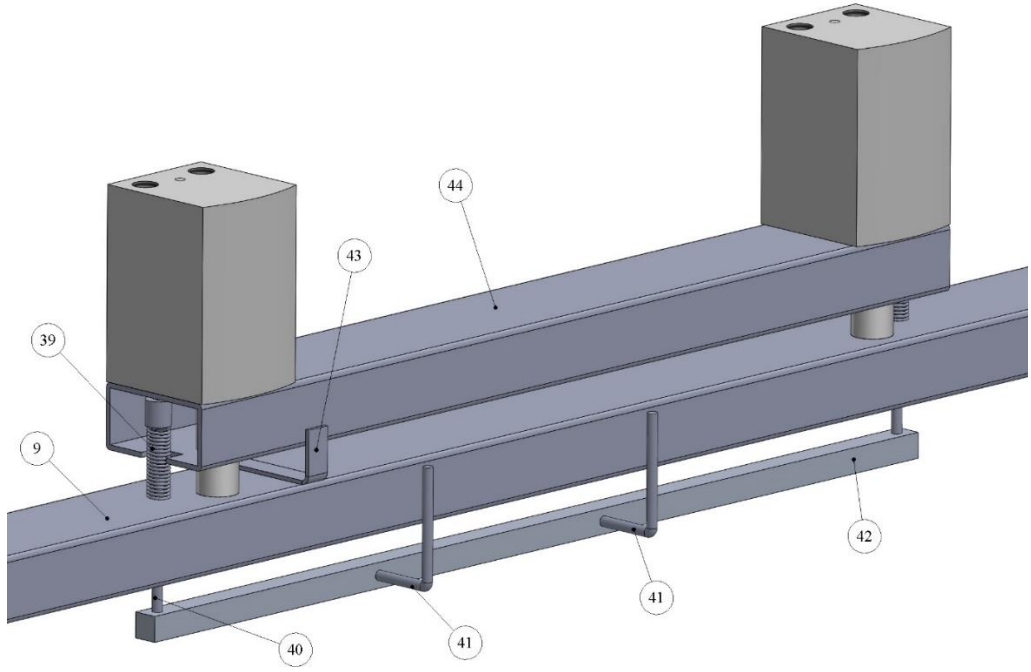
34 numaralı bileşen: Havlu taşıma düzeneği, lineer bilyalı rulman ve kılavuz ray üzerinde y ekseninde hareket edebilmektedir. 34 numaralı bileşen, burada bahsi geçen, y eksenindeki harekette görev yapan kılavuz raydır.

35 numaralı bileşen: 34 numaralı rayın üzerinde hareket eden lineer bilyalı rulmandır.

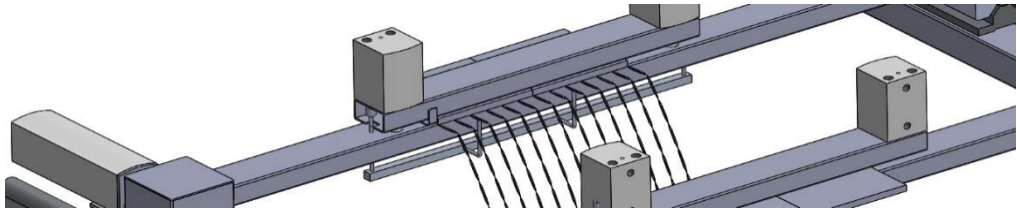
36 numaralı bileşen: 7 numaralı kirişe sabitlenen bu parça, havlu tutucu düzeneği geri çektiren yayı bağlamak için kullanılır.

37 numaralı bileşen: Makinenin, zemine temas eden, üzerine inşa edildiği taban profildir.

38 numaralı bileşen: Havlu tutucu düzeneği geri çektiren yaydır. Bu yay havluyu gerdirmek için kullanılır.



(a)



(b)

Şekil 2.7: Havlu tutucu düzenek (havlu tutma konumu) a) Saçaksız, b) Saçaklı.

Şekil 2.7a ve b'de, havlu tutucu düzeneğin dar açı izometrik resmi görülmektedir. Resimdeki ilgili parçaların izahı aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

39 numaralı bileşen, baskı yayıdır. Havlu, makine üzerinde uygun konuma yerleştirilirken kullanılan kılavuz çubukların (41 numaralı bileşen), yukarı yönde tutulmasını sağlamaktadır.

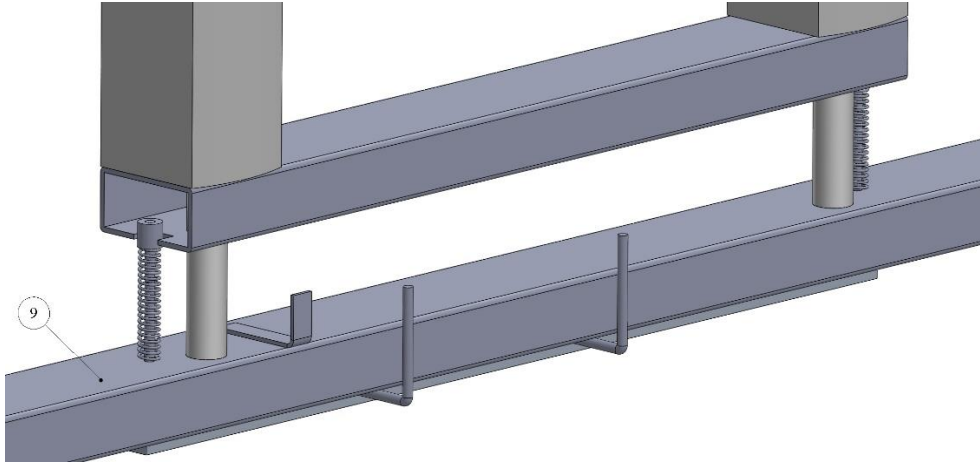
40 numaralı bileşen, kılavuz mekanizmasındaki yayın içinden geçen pimdir.

41 numaralı bileşen, saçakların arasına giren kılavuz çubuktur. Havlu makine üzerine yerleştirilirken, havlunun saçaklarının başladığı yer bu çubuklara değecek şekilde hizalanır.

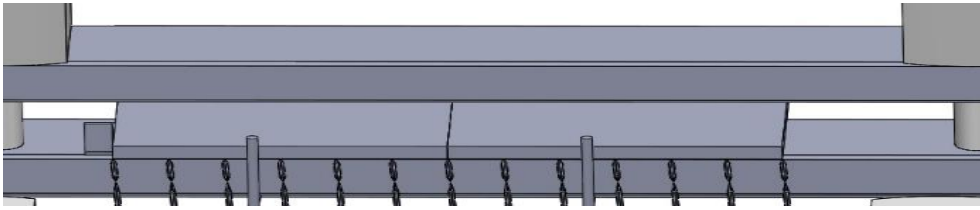
42 numaralı bileşen, kılavuz çubukların bağlandığı çubuktur.

43 numaralı bileşen, havlunun saçaklı olmayan yan kenarının dayanması gereken bir diğer kılavuzdur.

44 numaralı bileşen, pnömatik silindirlerin pistonlarının geri çekilmesiyle, havluyu 9 numaralı profil ile kendisi arasında sıkıştıran profildir. Böylece havlunun sıkıştırılarak tutulması sağlanır.



(a)



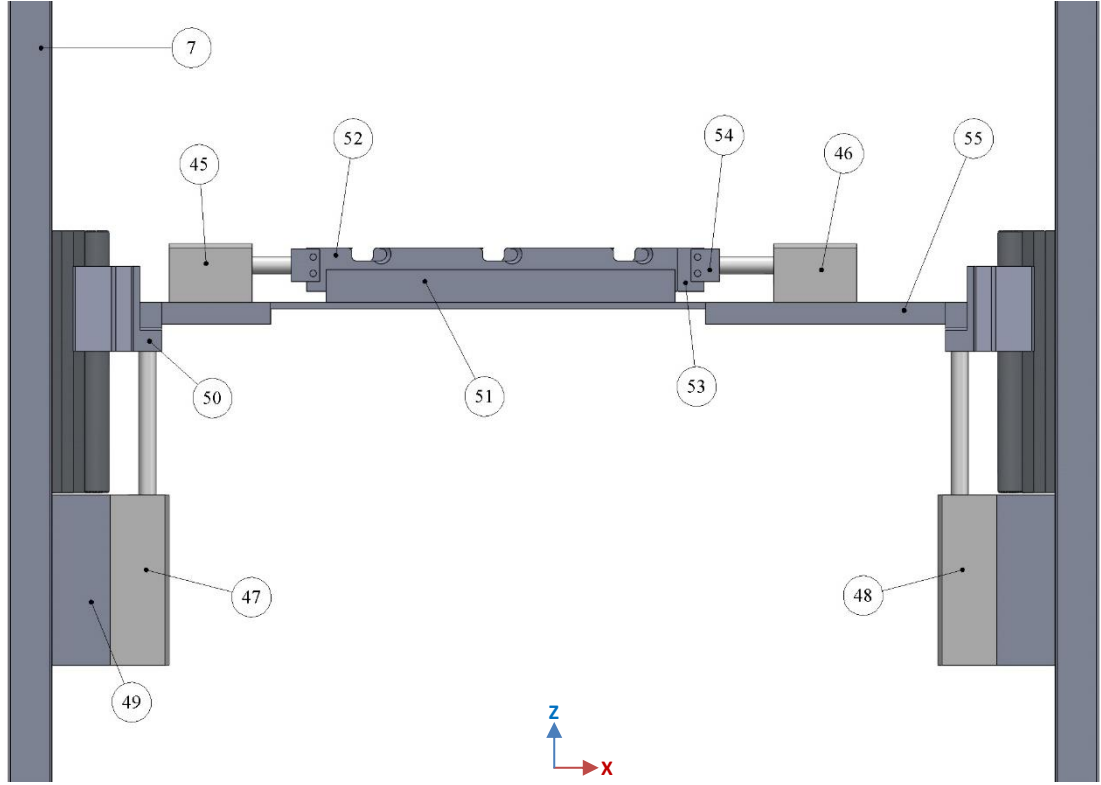
(b)

Şekil 2.8: Havlu tutucu düzenek (havlü yerleştirme konumu) a) Saçaksız, b) Saçaklı.

Şekil 2.8a ve b’de, havlunun tutulmadığı zamanlarda, havlu tutucu düzeneğin aldığı konum görölmektedir. Yaydan dolayı kılavuz çubukları, 9 numaralı profilin hizasından yukarı doğru çıkmış konumdadır. Böylece kılavuz çubukları bu konumdayken, makineye yerleştirilecek olan havlu, çubuklara göre hizalanabilmektedir.

2.3 Saçak Tutucu ve Kesici Düzenek

Saçak tutucu kısmın görevi ilk olarak; saçaklar gruplandıktan sonra, saçakların orta noktasından tutarak dağılmalarını önlemektir. İkinci olarak; düğüm atıcı kanca mekanizmasının ucundaki kavrayıcı düzeneğin saçağı tutabilmesi için, tuttuğu saçağı bu mekanizmanın önüne getirmektir. Kesici olarak ise görevi; orta noktasından tuttuğu saçakları keserek havluları birbirinden ayırmak ve aktif ucu ortaya çıkarmaktır. Saçağın kesildiği bu nokta, atılan düğümde aktif uç olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.9'da verilen resim, havlu tutucu ve kesici düzeneğin önden görünüşüdür. Resimdeki ilgili parçaların izahı aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.



Şekil 2.9: Saçak tutucu ve kesici düzenek ön görünüşü.

45 numaralı bileşen: CFS (kesici ilk adım) isimli pnömatik silindir, bağlı olduğu kesici plakayı hareket ettirerek saçak demetlerinin kesiciler arasında hapsedilmelerini sağlar.

46 numaralı bileşen: CSS (kesici ikinci adım) isimli pnömatik silindir, bağlı olduğu kesici plakayı hareket ettirerek saçakların kesilmesini sağlar.

47 numaralı bileşen: C-z-1 isimli pnömatik silindir, 48 numaralı pnömatik silindir ile beraber, tutucu ve kesici düzeneğin z ekseninde hareket ettirilmesini sağlar. Buradaki “C” ifadesi, silindirin kullanım amacı olan kesici anlamında kullanılır. Ortadaki “z” ifadesi, silindirin Z ekseninde çalıştığını belirtmek için kullanılır. Ayrıca Y eksenini için “y” ve Z eksenini için de “z” ifadesi kullanılır. Son olarak “1” ifadesi ise yan yana, aynı görevde çalışan silindirleri belirlemek için kullanılan numaradır.

48 numaralı bileşen olan C-z-2 isimli pnömatik silindir, 47 numaralı pnömatik silindir ile beraber, tutucu ve kesici düzeneğin z ekseninde hareket ettirilmesini sağlar.

49 numaralı bileşen, pnömatik silindirin taşıyıcı kolona tutunmasını sağlayan ara parçadır.

50 numaralı bileşen, saçak tutucu ve kesici düzeneği taşıyan giriş (55. bileşen) ile lineer rulman arasındaki bağlantıyı sağlayan parçadır.

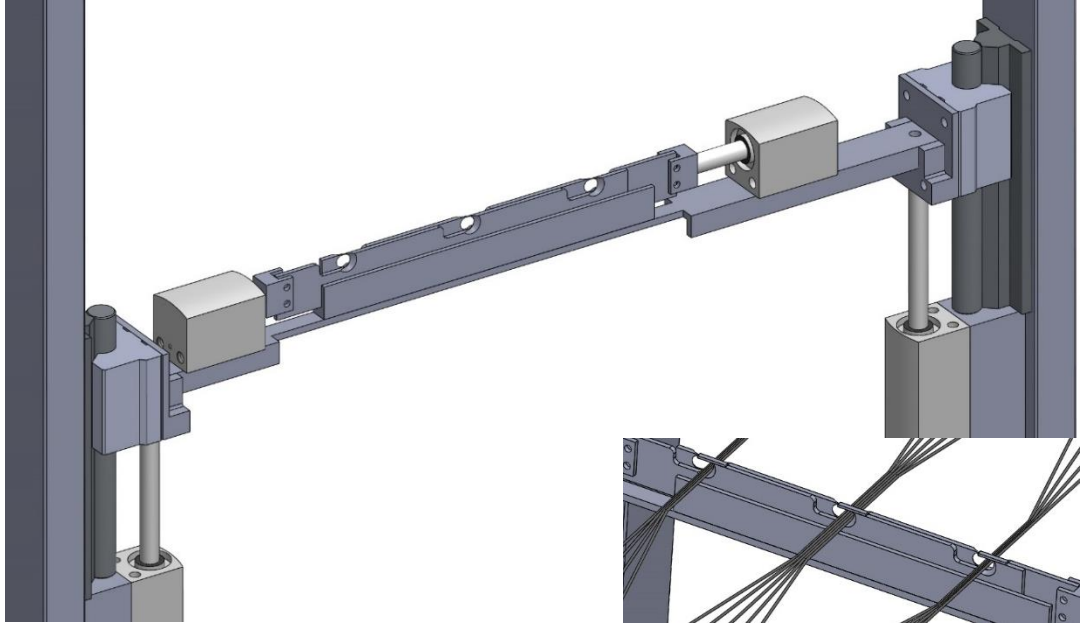
51 numaralı bileşen: Kesici plakaların, içerisinde hareket ettikleri kılavuz gövdedir.

52 numaralı bileşen, ipi tutma ve kesme görevlerini gerçekleştiren birinci plakadır.

53 numaralı bileşen, ipin tutulmasını ve kesilmesini sağlayan ikinci plakadır.

54 numaralı bileşen, kesici plakayı, pnömatik silindirin pistonuna bağlayan bağlantı parçasıdır.

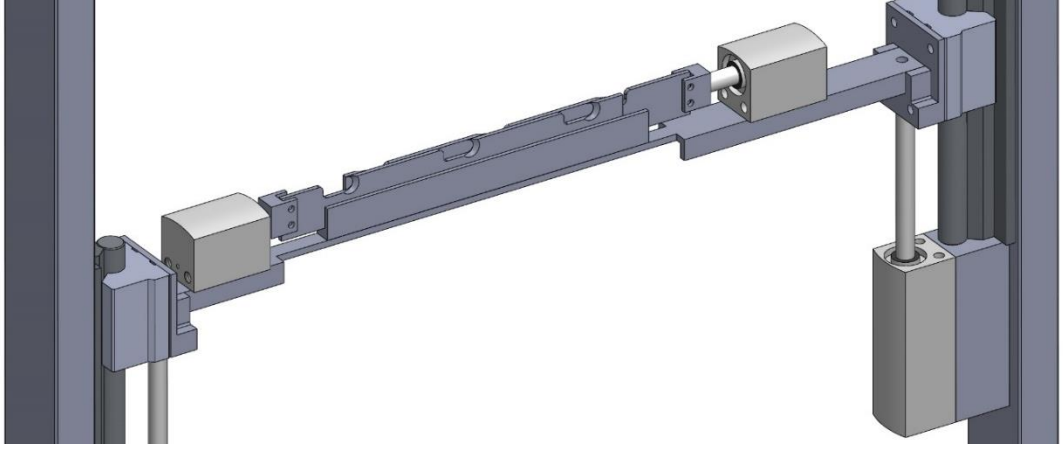
55 numaralı bileşen, tutucu ve kesici düzeneği taşıyan giriş görevindeki profildir.



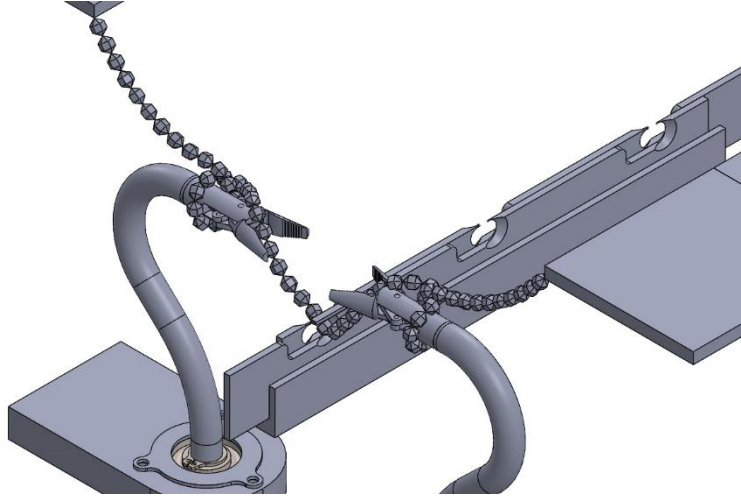
Şekil 2.10: Saçak tutucu ve kesici düzenek (tutma konumu).

Şekil 2.10’da verilen resimde, saçakların tutuldukları süre boyunca, kesici plakaların aldıkları konum görülmektedir. Kesici plakalar saçak demetlerinin etrafında bir çember oluşturarak saçakları bu çember içinde hapseder.

Şekil 2.11a’da verilen resimde, saçakların kesildikleri anda, kesici plakaların aldığı konum görülmektedir. Kesici plakalar arasında hapsolmuş saçaklar, ikinci kesici plakanın ilk plakaya zıt yönde hareket ettirilmesiyle, makas prensibiyle kesilir. Şekil 2.11b’de verilen resimde; saçak tutucu mekanizmanın, düğüm atıcı kanca mekanizmasının ucundaki kavrayıcı düzeneğin saçığı tutabilmesi için, tuttuğu saçığı bu mekanizmanın önüne getirmiş olduğu da görülebilmektedir. Kavrayıcı mekanizma saçığı tuttuktan sonra saçaklar kesilmiştir. Ayrıca bu resimde görülen saçaklar bilgisayar destekli tasarım programında, 4 mm çapında 5 mm uzunluğundaki silindirik parçaların uç uca eklenmesiyle modellenmiştir.



(a)

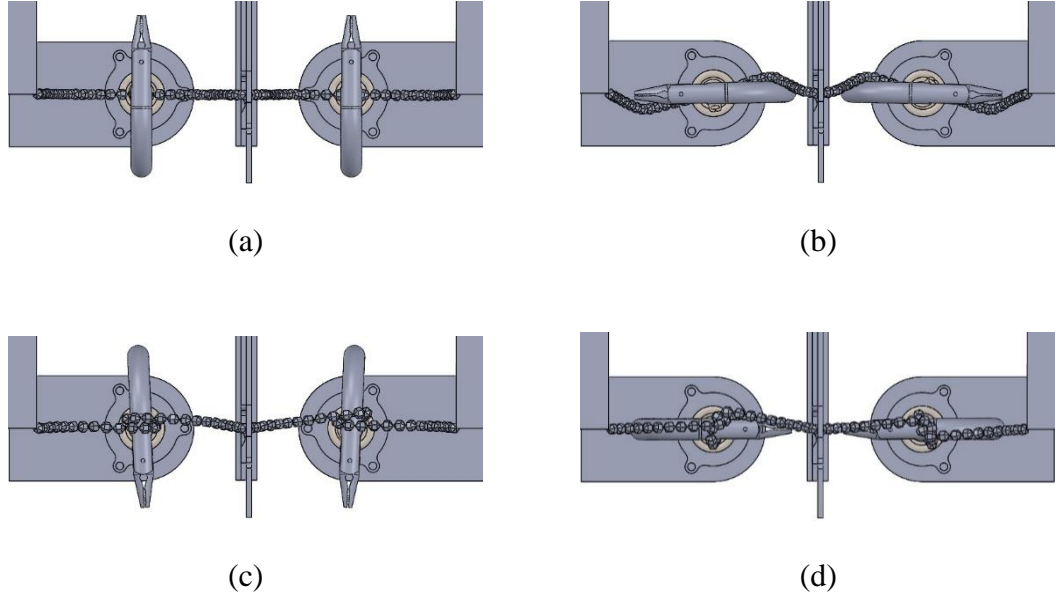


(b)

Şekil 2.11: Saçak tutucu ve kesici düzenek (kesme konumu) a) Saçaksız, b) Saçaklı.

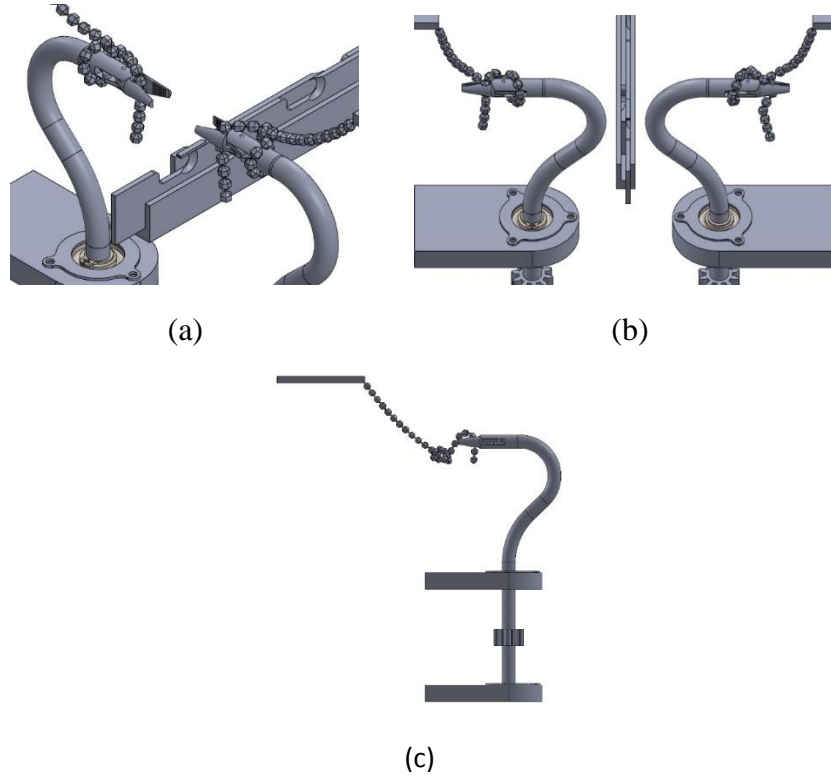
2.4 Düğüm Atıcı Kanca Düzeneği

Bu kısmın görevi, demetler halinde ayrılıp kesilmiş saçaklara düğüm atılmasıdır. Düzenekteki kancalar 270^0 döndürülerek saçak iplerinin, Şekil 2.12’de görüldüğü gibi kancaların etrafına çember şeklinde dolanmaları sağlanır.

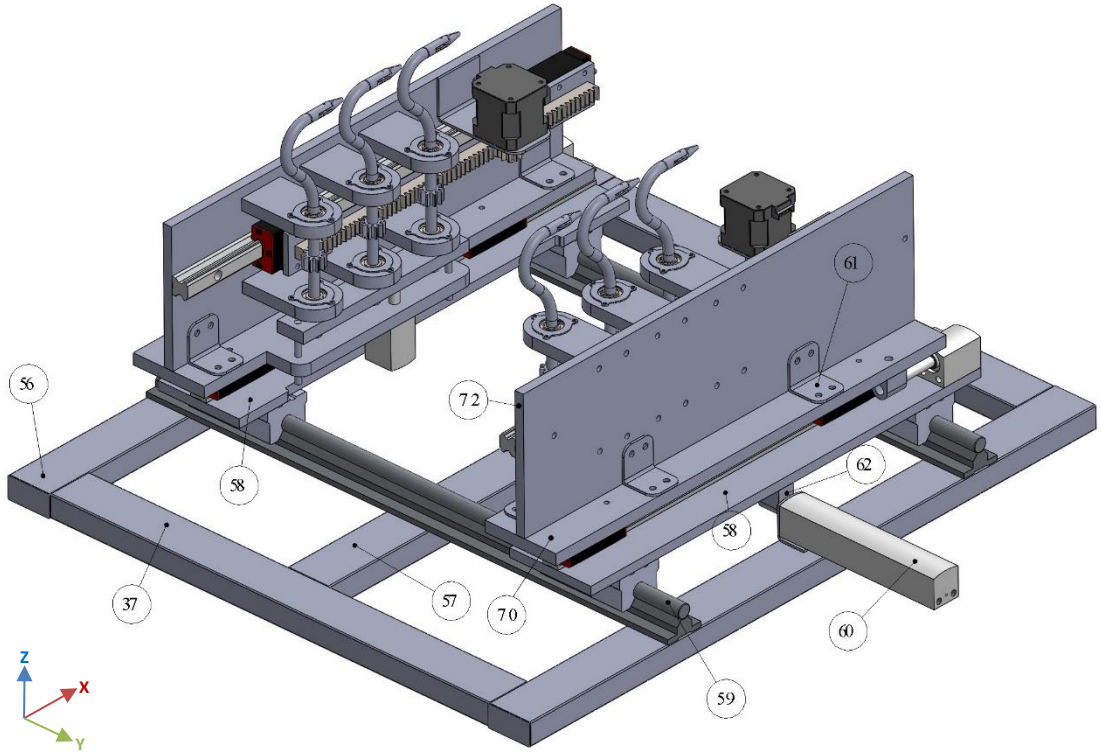


Şekil 2.12: Saçakların kancaların etrafına dolandırılması a) Başlangıç konumu, b) Kancaların 90° konumu, c) Kancaların 180° konumu, d) Kancaların 270° konumu.

Saçaklar ortalarından kesilirler ve ortaya çıkan aktif uç, Şekil 2.13a’da görüldüğü gibi kanca düzeneğinin ucundaki kavrayıcı düzenek ile tutulur. Kancalar Şekil 2.13b’de görüldüğü gibi 180° döndürülür. Daha sonra tutulan aktif uç, Şekil 2.13c’de görüldüğü gibi çemberin içinden geçirilerek düğüm atılır.



Şekil 2.13: Düğüm atılması a) Saçakların kesilmesi ve aktif ucun tutulması, b) Kancaların döndürülmesi, c) Düğümün sıkılması.



Şekil 2.14: Düğüm atıcı düzeneğin makinedeki konumu.

Şekil 2.14’te düğüm atıcı düzeneğin geniş açı izometrik resmi görülmektedir. Resimdeki ilgili parçaların izahı aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

56 numaralı bileşen: Makinenin, zemine temas eden, üzerine inşa edildiği taban profilidir.

57 numaralı bileşen: Makinenin, 56 numaralı bileşen ile aynı işleve sahip olan bir diğer taban profilidir.

58 numaralı bileşen, düğüm atıcı düzeneğin y eksenindeki hareketinde taşıyıcı olarak görev yapan plakadır. Bu plaka lineer bilyalı rulman ve kılavuz ray üzerinde y ekseninde hareket eder.

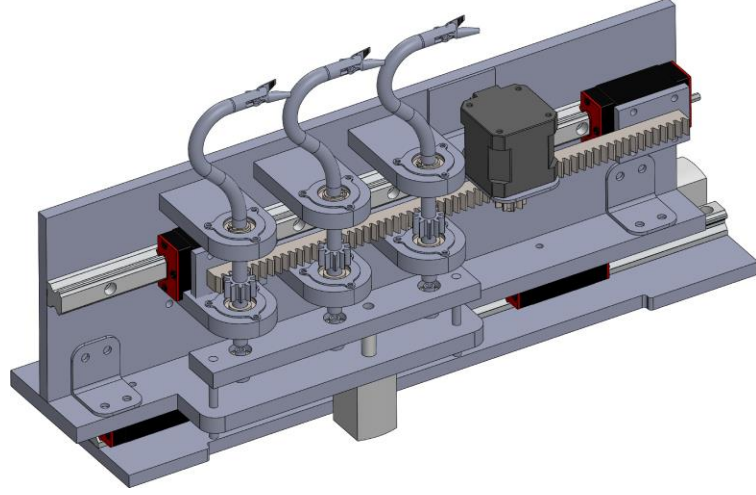
59 numaralı bileşen, 58 numaralı plakanın altından bulunan, düzeneği taşıyan ve hareket ettiren lineer rulmanın kılavuz rayıdır.

60 numaralı bileşen: K-r-y isimli pnömatik silindir, düğüm atıcı mekanizmayı y ekseninde hareket ettirmekte ve düğümün sıkılması işleminde kullanılmaktadır. Buradaki “K” ifadesi, silindirin kullanım amacı olan düğüm atıcı anlamında kullanılır. Silindirin makinenin sağ tarafında çalıştığını belirtmek için “r” ifadesi, sol taraf için

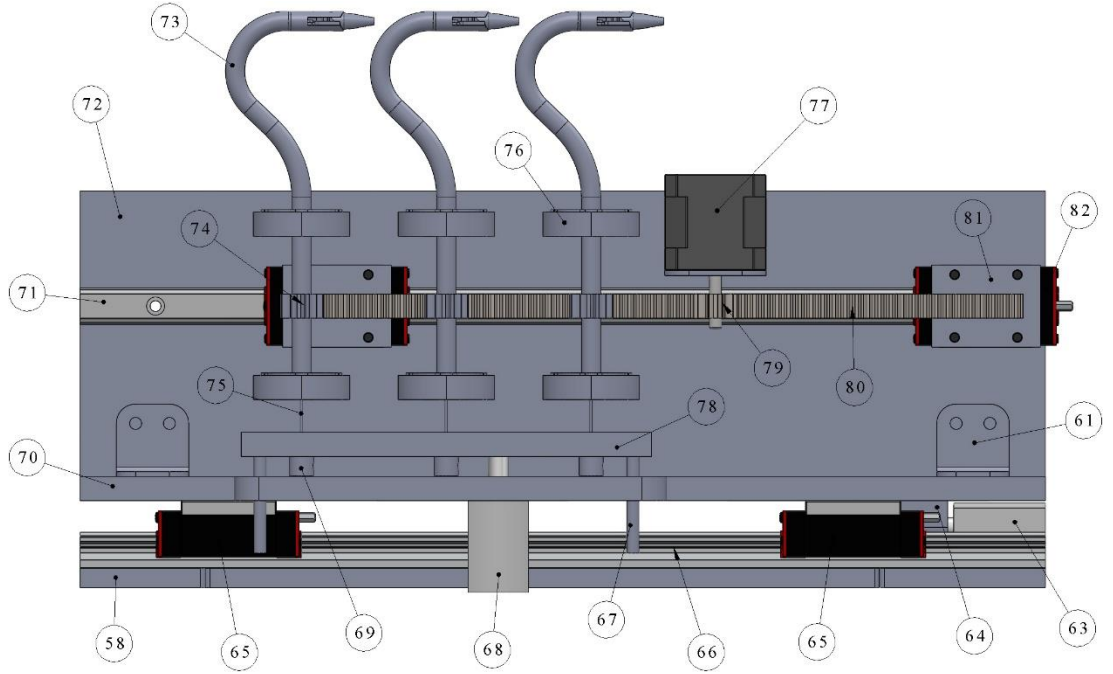
ise “l” ifadesi kullanılır. Son olarak “y” ifadesi ise silindirin Y ekseninde çalıştığını belirtmek için kullanılır. Ayrıca X eksenini için de “x” ifadesi kullanılır.

61 numaralı bileşen, yatay plakanın (70 numaralı bileşen) üzerinde bulunan dikey plakanın (72 numaralı bileşen) destek elemanıdır.

62 numaralı bileşen, pnömatrik silindirin pistonu ile 58 numaralı plaka arasındaki bağlantı elemanıdır.



(a)

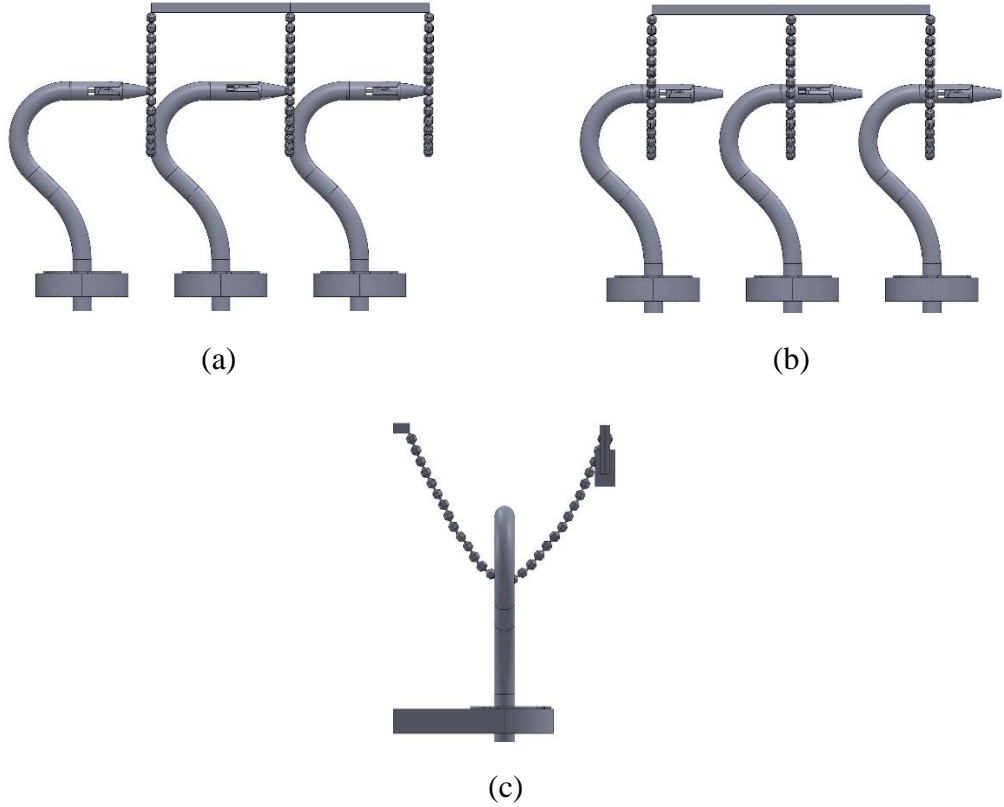


(b)

Şekil 2.15: Düğüm atıcı düzenek a) İzometrik, b) Ön görünüş.

Düğüm atıcı düzeneğin Şekil 2.15a’da izometrik, Şekil 2.15b’de ise ön görünüşü verilmiştir. Resimlerdeki ilgili parçaların izahı aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

63 numaralı bileşen, K-l-x olarak isimlendirilen pnömatik silindir. Bu silindir, düğüm atıcı düzeneği x ekseninde hareket ettirir. Saçaklar aşağı saldıktan sonra kancaların, oluşan parabollerin içinden geçirilmesini sağlar (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: Kancalar ve saçaklar a) İlk konum, b) İkinci konum, c) Yan görünüş.

64 numaralı bileşen, pnömatik silindirin pistonunu 70 numaralı plakaya bağlayan bağlantı parçasıdır.

65 numaralı bileşen, düğüm atıcı mekanizmanın x eksenindeki hareketinde taşıyıcı olarak kullanılan, mekanizmanın üzerinde bulunduğu lineer arabadır.

66 numaralı bileşen, 65 numaralı lineer arabanın üzerinde hareket ettiği kılavuz rayıdır.

67 numaralı bileşen: Kancaların ucunda bulunan ip kavrayıcı mekanizmanın açılıp kapanması, tel aracılığıyla sağlanmaktadır. 67 numaralı bileşen, bahsi geçen telin bir ucunun bağlandığı plakanın, z eksenindeki hareketi için kılavuzluk yapan pimdir.

68 numaralı bileşen: Kavrayıcı mekanizmada kullanılan tellerin itilip çekilmesini sağlayan RH-1 isimli pnömatik silindir. Buradaki “RH” ifadesi, silindirin

kullanım amacı olan saçak kavrayıcı anlamında kullanılır. Silindirin makinenin sol tarafında çalıştığını belirtmek için “l” ifadesi, sağ taraf için ise “r” ifadesi kullanılır.

69 numaralı bileşen, kavrayıcı mekanizmada kullanılan telin bir ucunun bağlandığı parçadır. Kanca mekanizması dönerken, kancanın içinden geçen telin burulmaması için telin bu ucu sabitlenmemiştir. 69 numaralı parça 78 numaralı levhanın içinde bulunan rulmana iç bileziğinden dayanır. Böylece bağlı olduğu telle beraber serbestçe dönebilmektedir.

70 numaralı bileşen, düğüm atıcı düzeneğin x eksenindeki hareketinde taşıyıcı olarak görev yapan plakadır. Bu plaka, lineer araba ve kılavuz ray üzerinde x ekseninde hareket eder.

71 numaralı bileşen: Kancaların dönmesini sağlayan kremayer dişli, lineer arabanın üzerinde hareket eder. 71 numaralı bileşen burada bahsi geçen lineer arabanın kılavuz rayıdır.

72 numaralı bileşen, kanca mekanizmalarının ve kremayerin üzerinde bulunduğu plakadır.

73 numaralı bileşen, düğüm atma işleminde aktif rol oynayan kancadır. Kanca içi boş bir borunun baston şeklinde bükülmüş halidir. Uç kısmında, ip kavrama mekanizması bulunur. İp kavrayıcı mekanizmayı açıp kapayan tel, kancanın içinden geçer.

74 numaralı bileşen, kancaların dönmesini sağlayan kremayer mekanizmasının pinyon dişlisidir.

75 numaralı bileşen, ip kavrayıcı mekanizmasının çenelerinin açılıp kapanmasını sağlayan teldir.

76 numaralı bileşen, kancaların yataklandığı yatak gövdesidir.

77 numaralı bileşen, kancaların dönmesi için gerekli momenti sağlayan adım motorudur.

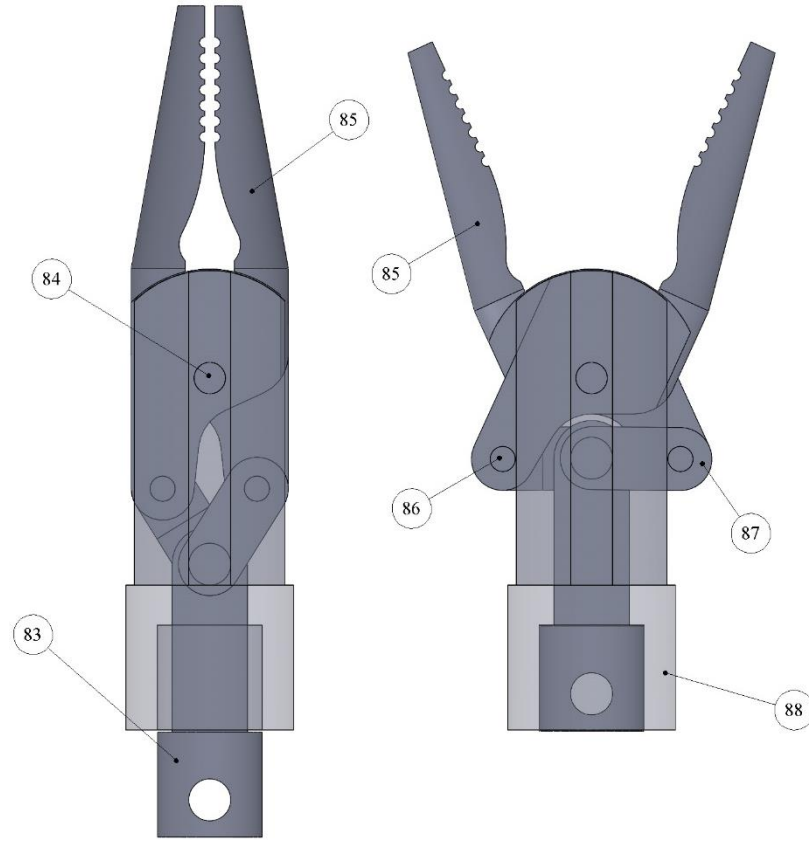
78 numaralı bileşen, tellerin hepsinin aynı anda itilip çekilmesini sağlayan plakadır.

79 numaralı bileşen, adım motorundan aldığı momenti kremayer dişlisine ileten pinyon dişlidir.

80 numaralı bileşen, kancaların döndürülmesinde kullanılan kremayer dişlisidir.

81 numaralı bileşen, 80 numaralı kremayer dişlisi ile 82 numaralı lineer araba arasındaki bağlantı parçasıdır.

82 numaralı bileşen, 80 numaralı kremayer dişlisini taşıyan, 71 numaralı kılavuz rayın üzerinde ileri geri hareket ederek kancaların dönmesini sağlayan lineer arabadır.



Şekil 2.17: Saçak kavrama mekanizması.

Şekil 2.17’de, kancaların ucundaki saçak kavrama mekanizması görülmektedir. Bu kavrama mekanizması; Özün ve diğ. (2017) ile Alnema ve diğ. (2018)’nin çalışmalarında ele aldıkları, cerrahide tutucu olarak kullanılan “Atraumatic Grasper” olarak da isimlendirilen düzenden istifade edilerek yeniden tasarlanmıştır. Tutucu çenelerin şekli, saçakları kavrayabilecek şekilde ve mekanizma boyutları da

kanca mekanizmasının tasarımına uygun şekilde yeniden tasarlanmıştır. Mekanizmanın iç kısmının görülebilmesi için gövde şeffaflaştırılmıştır. Sol tarafta mekanizmanın kapalı hali sağ tarafta ise açık hali görülmektedir. Resimdeki ilgili parçaların izahı aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

83 numaralı bileşen, düzeneği açıp kapatan telin bağlandığı parçadır. Gövde içerisinde ileri geri hareket edebilir. Geri çekildiğinde çeneler kapanır, ileri itildiğinde ise açılır.

84 numaralı bileşen, çeneleri gövdeye bağlayan pimdir. Çeneler bu pimin etrafında dönerek açılır ve kapanırlar.

85 numaralı bileşen, çene diye isimlendirilen, ipleri diğer çene ile arasında sıkıştırarak kavrayan parçadır.

86 numaralı bileşen, çene ile 87 numaralı parçayı birbirine bağlayan pimdir.

87 numaralı bileşen, 83 numaralı parçadan aldığı kuvvet ve hareketi çenelere aktaran ara parçadır.

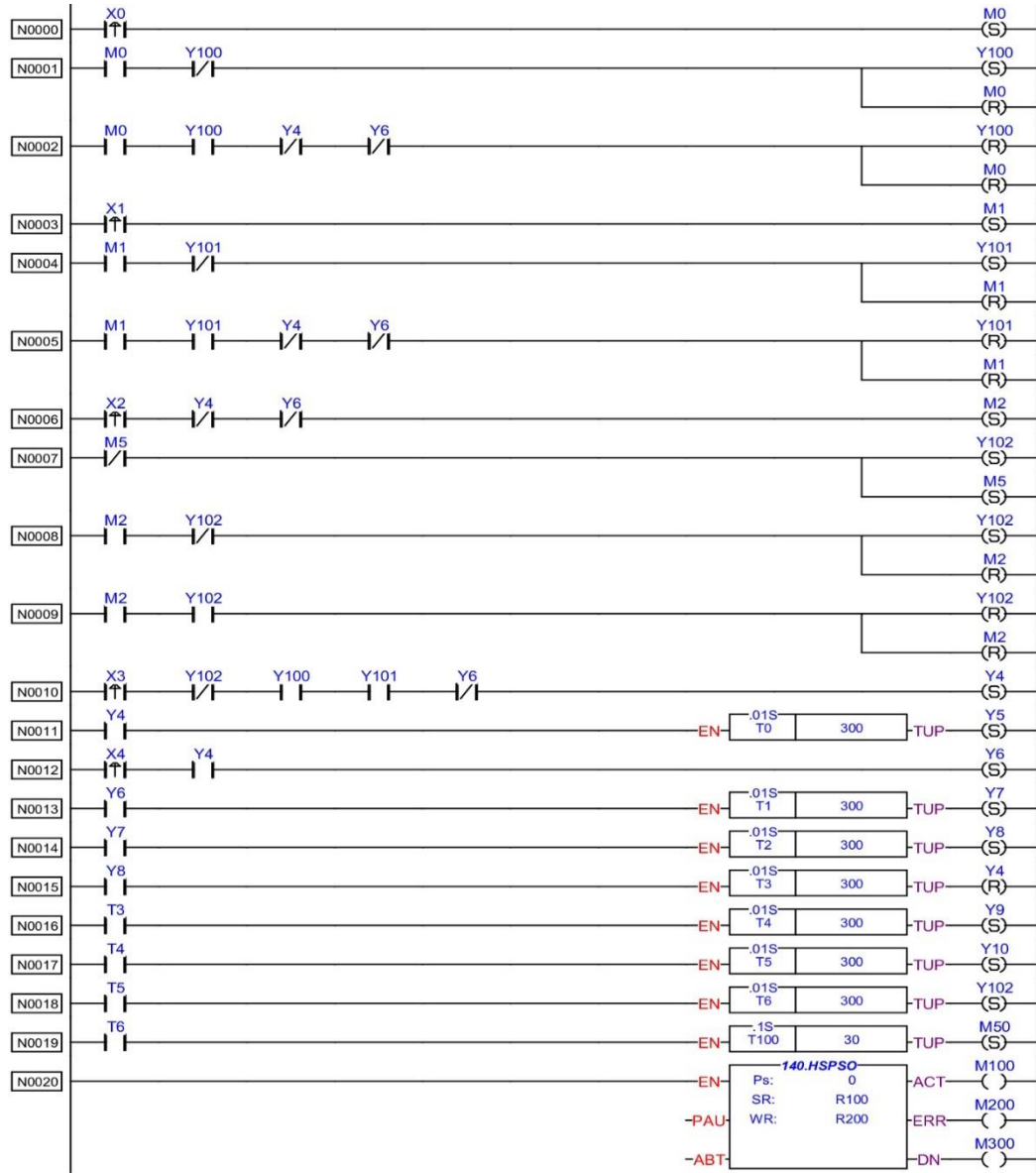
88 numaralı bileşen, saçak kavrayıcı düzeneğin gövdesidir.

3. KONTROL ve OTOMASYON

Tasarımda kullanılan pnömatik silindirlerin ve solenoid valflerin, bağlantıları ve simülasyonu FluidSIM programı ile yapılmıştır. Solenoid valfleri ve step motorları kontrol eden PLC'nin kodlanması ise Winproladder programı ile yapılmıştır (Fatek 2021). Bu bölümde; program içi görüntüler ile makinenin çalışma sırasına göre pnömatik silindirlerin, step motorların, makinenin genel durumunun ve PLC kodlarının açıklaması yapılmıştır.

3.1 PLC Ladder Diyagramı

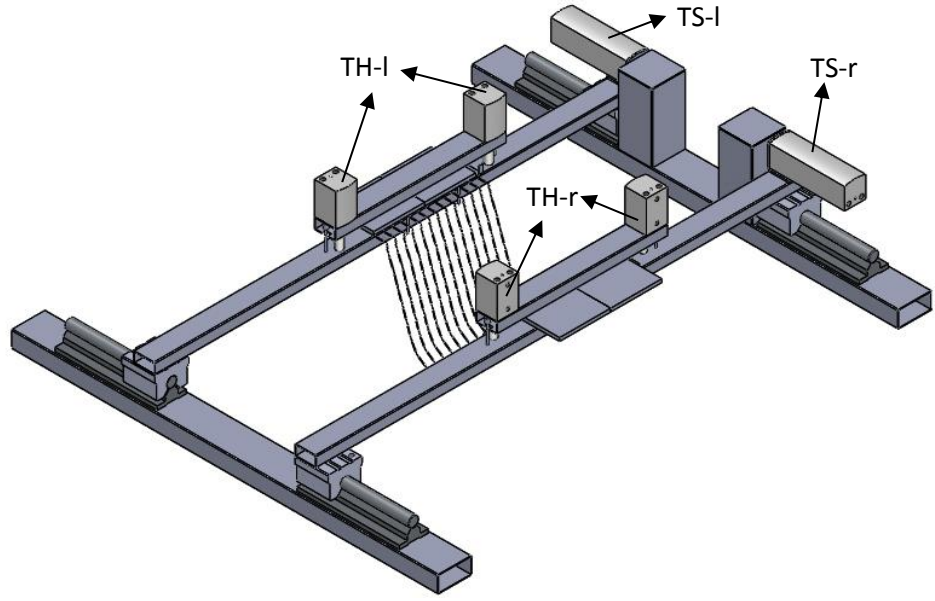
Tasarımda kullanılan pnömatik pistonlar ve adım motorlarının ileri, geri, sağa, sola olan hareketleri belirli bir sıra ile çalışmaktadır. Düğüm bağlama makinesinde kullanılan bu bileşenlerin istenilen şekilde sıralı olarak kontrolü Fatek marka PLC ile yapılmaktadır. Sıralı işlemlerin tasarlanması için PLC'nin WinProladder programı kullanılarak, ladder diyagramı oluşturulmuştur. Aşağıda, Şekil 3.1'de verilen diyagram satır satır incelenip, açıklamaları yapılmıştır. Makinenin PLC komutlarıyla aldığı konumlar, Solidworks programındaki Simülasyon modülü içinden alınan ekran görüntüleri ile gösterilmiştir.



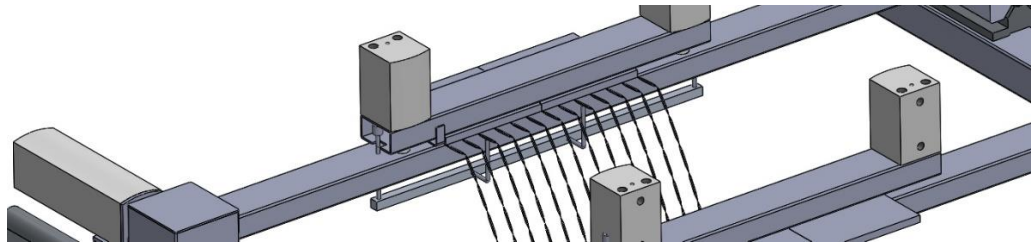
Şekil 3.1: Ladder diyagramı.

N0, N1 ve N2 satırları; X0 olarak tanımlanan butona her basıldığında, havlu tutucu mekanizmadaki TH-l-1 ile TH-l-2 silindirlerinin, ileri veya geri hareket etmesini sağlar. Y100 bobini bu iki silindiri kontrol eden valfin bobinidir. M0 yardımcı kontaklıdır. N2 satırı; Y4 ile Y6 bobinleri enerjilendiğinde, Y100 bobininin enerjisinin kesilememesini sağlamaktadır.

N3, N4 ve N5 satırları da ilk 3 satırdaki işlemlerin aynısını X1 butonu aracılığıyla TH-r-1 ve TH-r-2 silindirleri için gerçekleştirmektedir.



(a)



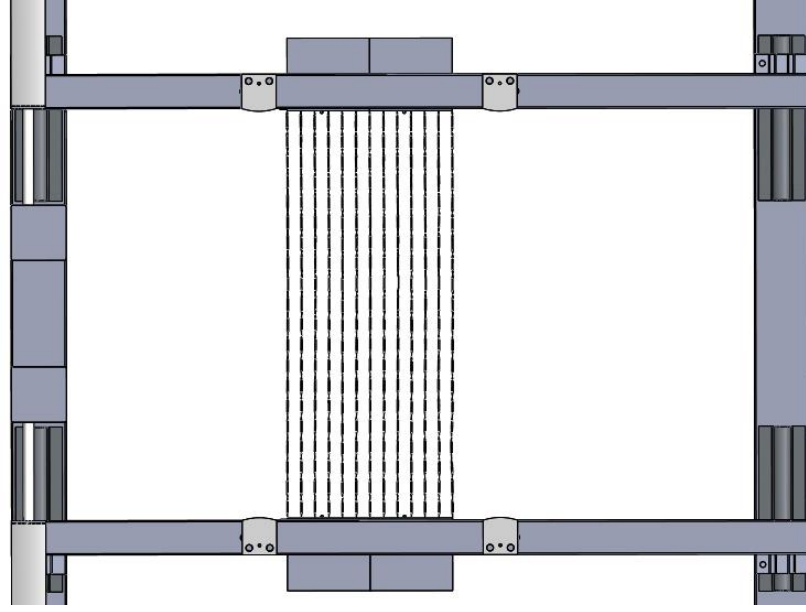
(b)

Şekil 3.2: Havlu tutucu mekanizma a) 1. Konum, b) 2. Konum.

Şekil 3.2a’da havlu tutulmadan önceki, Şekil 3.2b’de ise havlunun tutulduktan sonraki görünüşü verilmektedir.

N7 satırı, PLC çalıştırıldığında Y102 bobininin enerjilenmesini sağlar. Y102 bobini enerjilendiğinde, TS-l ve TS-r silindirlerini geri hareket ettirerek havlu tutucu mekanizmanın, havluları makineye yerleştirmek için uygun konuma gelmesini sağlar.

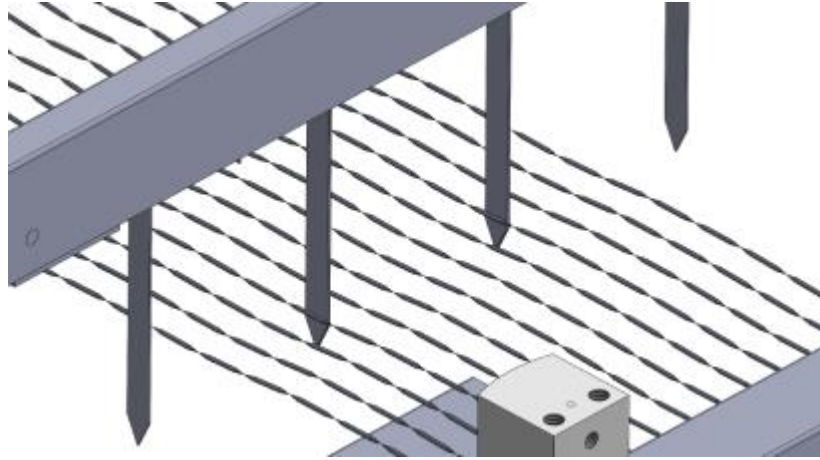
N6, N8 ve N9 satırları da ilk üç satırın mantığına benzer şekilde çalışır. X2 butonu, her basıldığında havlu saçaklarının gerdirilip gevşetilmesini sağlar. Şekil 3.3’te havlunun gerdirildiği andaki durumunu görülmektedir.



Şekil 3.3: Havlu saçaklarının gerdirildiği andaki görünüşü.

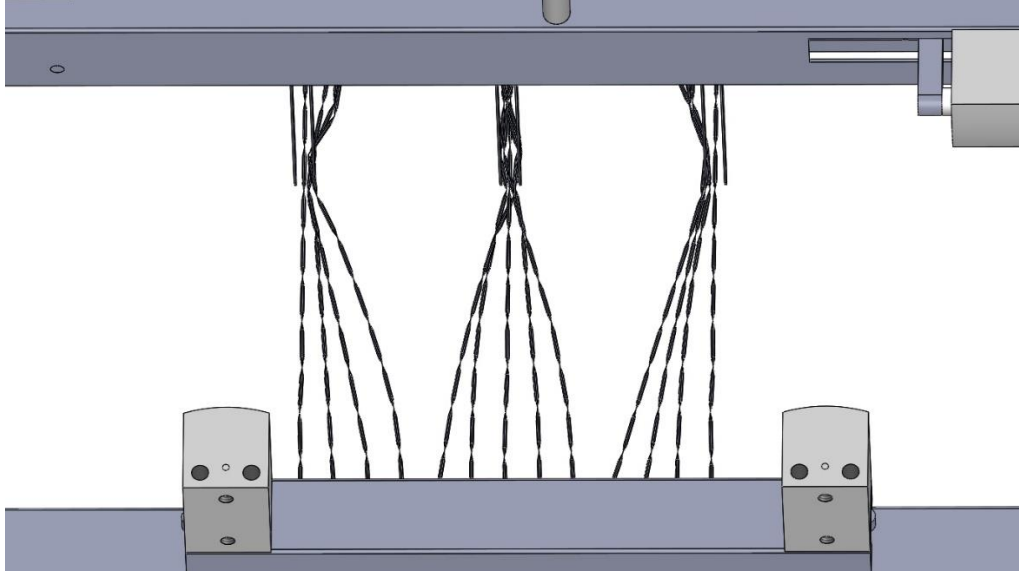
N10 satırında, X3 butonuna basılmasıyla Y4 bobini enerjilenir. Ancak Y100 ile Y101 bobininin enerjilenmiş ve Y102 ile Y6 bobinin ise enerjilenmemiş olması gerekmektedir. Böylece havlu tutulmadan ve gerdirilmeden, saçak ayırıcı mekanizma çalıştırılmamaktadır.

N11 satırı: Y4 bobininin enerjilenmesiyle T0 zamanlayıcısı tetiklenir. Bu zamanlayıcı, tetiklendikten 3 saniye sonra aktif hale geçecek şekilde ayarlanmıştır. Zamanlayıcı, 3 saniye sonunda aktif hale geçerek Y5 bobinini enerjilendirir. Bu işlemin sonunda, makinenin sol tarafındaki saçak ayırıcı iğneler Şekil 3.4'te gösterildiği gibi saçakların arasına indirilir.



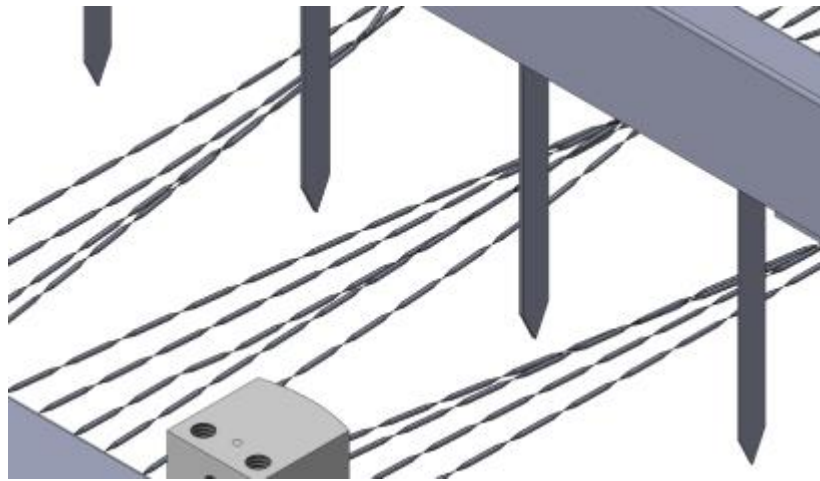
Şekil 3.4: Saçak ayırıcı iğneler ve saçaklar.

N12 satırı: X4 butonuna basılmasıyla Y6 bobini enerjilendirilir. Ancak bu işlemin yapılabilmesi için, Y4 bobininin enerjilendirilmiş olması gerekmektedir. Y6 bobininin enerjilenmesi ile saçak ayırıcı iğneler birbirlerine yaklaşarak, Şekil 3.5’de gösterildiği gibi sol taraftaki havlunun saçakları demetler halinde bir araya getirilmiş olur.



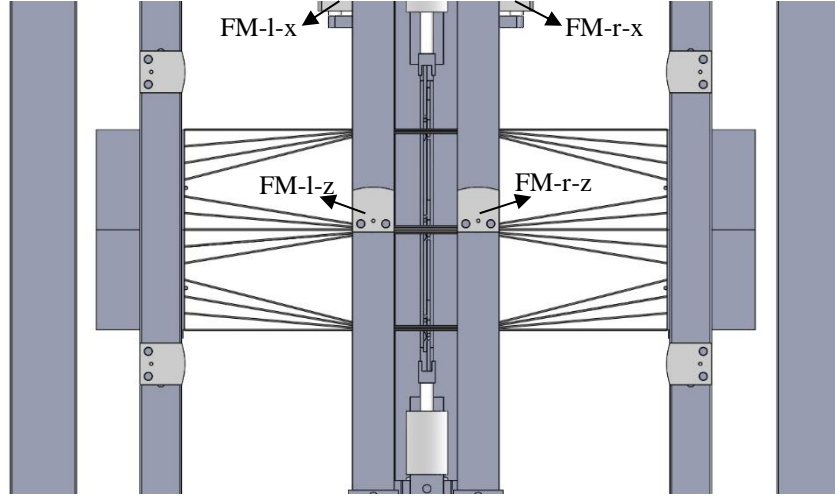
Şekil 3.5: Demetler halinde ayrılmış saçaklar.

N13 satırı: Y6 bobininin enerjilenmesiyle T1 zamanlayıcısı tetiklenir. T1 zamanlayıcısı 3 saniye sonra aktif hale geçerek, Y7 bobinini enerjilendirir. Y7, FM-r-z silindirini kontrol eden selenoid valfin bobinidir. Böylece makinenin sağ tarafındaki saçak ayırıcı iğneler, Şekil 3.6’da gösterildiği gibi saçakların arasına indirilmiş olur.



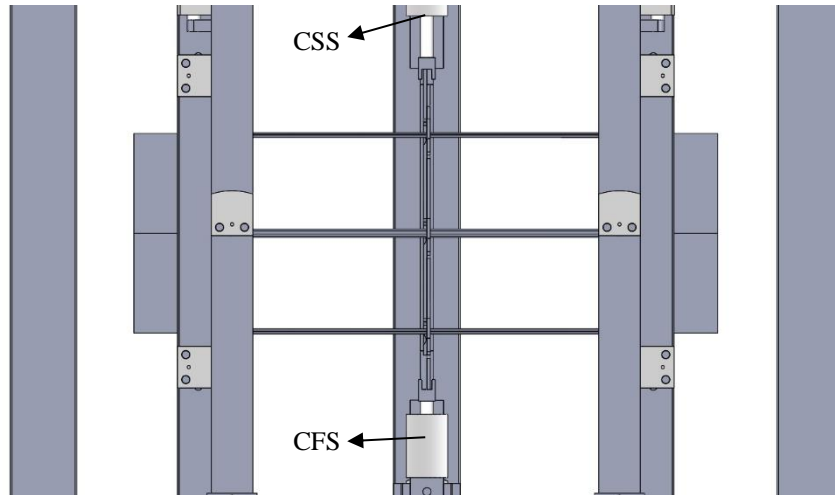
Şekil 3.6: Saçak ayırıcı iğneler ve saçaklar.

N14 satırı: Y7 bobininin enerjilenmesiyle T2 zamanlayıcısı tetiklenir. T1 zamanlayıcısı 3 saniye sonra aktif hale geçerek, Y8 bobinini enerjilendirir. Y8, FM-r-x silindirini kontrol eden selenoid valfin bobinidir. FM-r-x silindirinin geri hareketiyle, Şekil 3.7’de gösterildiği gibi makinenin sağ tarafındaki saçaklar da demetler halinde bir araya getirilmiş olur.



Şekil 3.7: Ayrılmış saçaklar.

N15 satırı: Y8 bobininin enerjilenmesiyle T3 zamanlayıcısı tetiklenir. T3 zamanlayıcısı 3 saniye sonra aktif hale geçerek, Y4 bobininin enerjisini keser. Böylece Şekil 3.8’de gösterildiği gibi, saçak ayırıcı mekanizma saçak boyunca hareket ederek, havlulardan saçakların çıktığı kenara ulaşır.

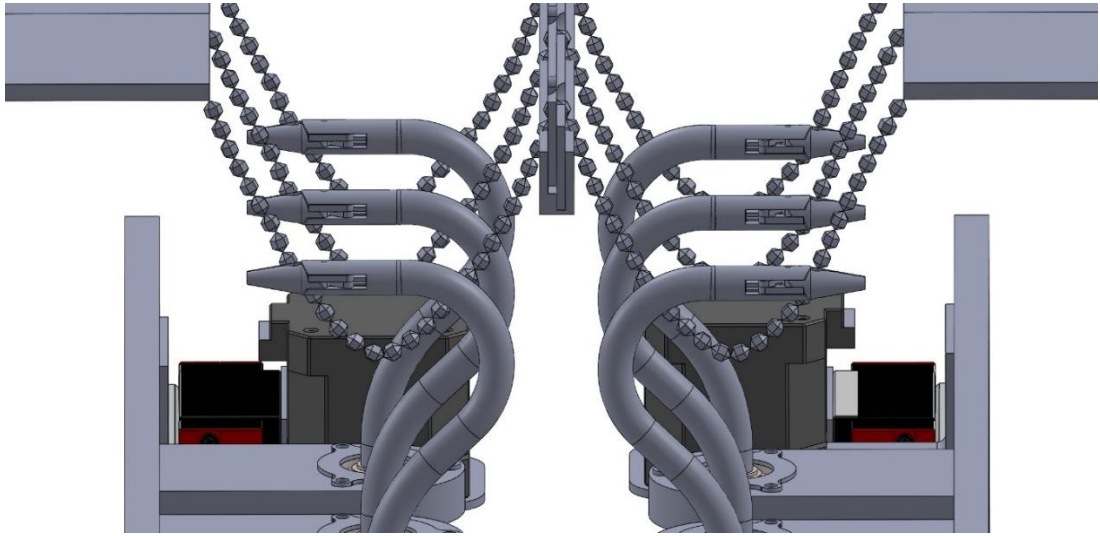


Şekil 3.8: Saçakların ortalarından tutuluşu.

N16 satırı: T3 zamanlayıcısı tetiklendikten sonra 3 saniye sayarak aktif hale geçer ve T4 zamanlayıcısını tetikler. T4 zamanlayıcısı da 3 saniye saydıktan sonra Y9 bobinini enerjilendirir. Y9, C-z-1 ve C-z-2 silindirlerinin selenoid valfinin bobinidir. Saçakları hem tutan hem de kesen bıçaklar Y9 bobininin enerjilenmesiyle, bkz. Şekil 2.9'da gösterildiği gibi saçaklara doğru yukarı yönde kaldırılır.

N17 satırı: T4 zamanlayıcısı T5 zamanlayıcısını tetikler. T5 zamanlayıcısı 3 saniye sonra Y10 bobinini enerjilendirir. Y10 bobininin enerjilenmesiyle CFS pnömatik silindiri geri hareket ederek, bkz Şekil 2.10'da gösterildiği gibi saçakları bıçaklar arasında hapseder.

N18 satırı: T5 zamanlayıcı 3 saniye saydıktan sonra, T6 zamanlayıcısını tetikler. T6 zamanlayıcısı 3 saniye sonra Y102 bobinini enerjilendirir. Böylece gerdirilmiş olan havlu Şekil 3.9'da gösterildiği gibi gevşetilir. Bu durumda, saçaklar aşağıya sarkarak yine Şekil 3.9'da gösterildiği gibi parabol şeklini alır.



Şekil 3.9: Gevşetilmiş, parabol şeklindeki saçaklar.

N19 satırı: T6 zamanlayıcısı 3 saniye saydıktan sonra, T100 zamanlayıcısını tetikler. T100 zamanlayıcısı 3 saniye saydıktan sonra ise M50 yardımcı kontağını aktifleştirir. M50 yardımcı kontağı, step motorlar için eklenen fonksiyonun içinde kullanılır. M50'nin aktif olmasıyla, düğüm atıcı kanca mekanizması bkz Şekil 2.16a'da gösterildiği gibi 90° döndürülür.

N20 satırı: Step motoru kontrol etmek için kullanılan fonksiyonun olduğu satırdır. Şekil 3.10a'da fonksiyonun içindeki hareket emirleri görülmektedir. Bu

fonksiyon, PLC'nin enerjilenmesiyle çalışmaya başlar. Şekil 3.10a'da görüldüğü üzere 1. adımda; kanca mekanizmasını, X10 sınır anahtarına dokununcaya kadar hareket ettirir. Kanca mekanizması sınır anahtarına dokunduktan sonra, tam ters yönde başlangıç pozisyonuna gelene kadar tekrar hareket ettirilir. Başlangıç pozisyonuna gelen kanca mekanizması sıradaki hareketini yapması için, M50 yardımcı kontağının enerjilenmesini beklemeye başlar.

Yazılan Öge: Servo Program Tablosu - [servo1]

```
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
Servo Program Tablosu - [servo1] Başlangıç Pos.:R100 Stop Pos.:R146 Boyut
=====
Adım No. Hız Çalışıyor Bekle Git
=====
1 SPD 100 DRV ADR-, 10000,Ps EXT X10 GOTO NEXT
2 SPD 500 DRV ADR+, 1000,Ps WAIT M50 GOTO NEXT
3 SPD 500 DRV ADR-, 500,Ps WAIT M51 GOTO NEXT
4 SPD 500 DRV ADR+, 1500,Ps WAIT M52 GOTO NEXT
5 SPD 500 DRV ADR-, 1000,Ps WAIT M50 GOTO 3
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
```

(a)

Yazılan Öge: Servo Program Tablosu - [servo2]

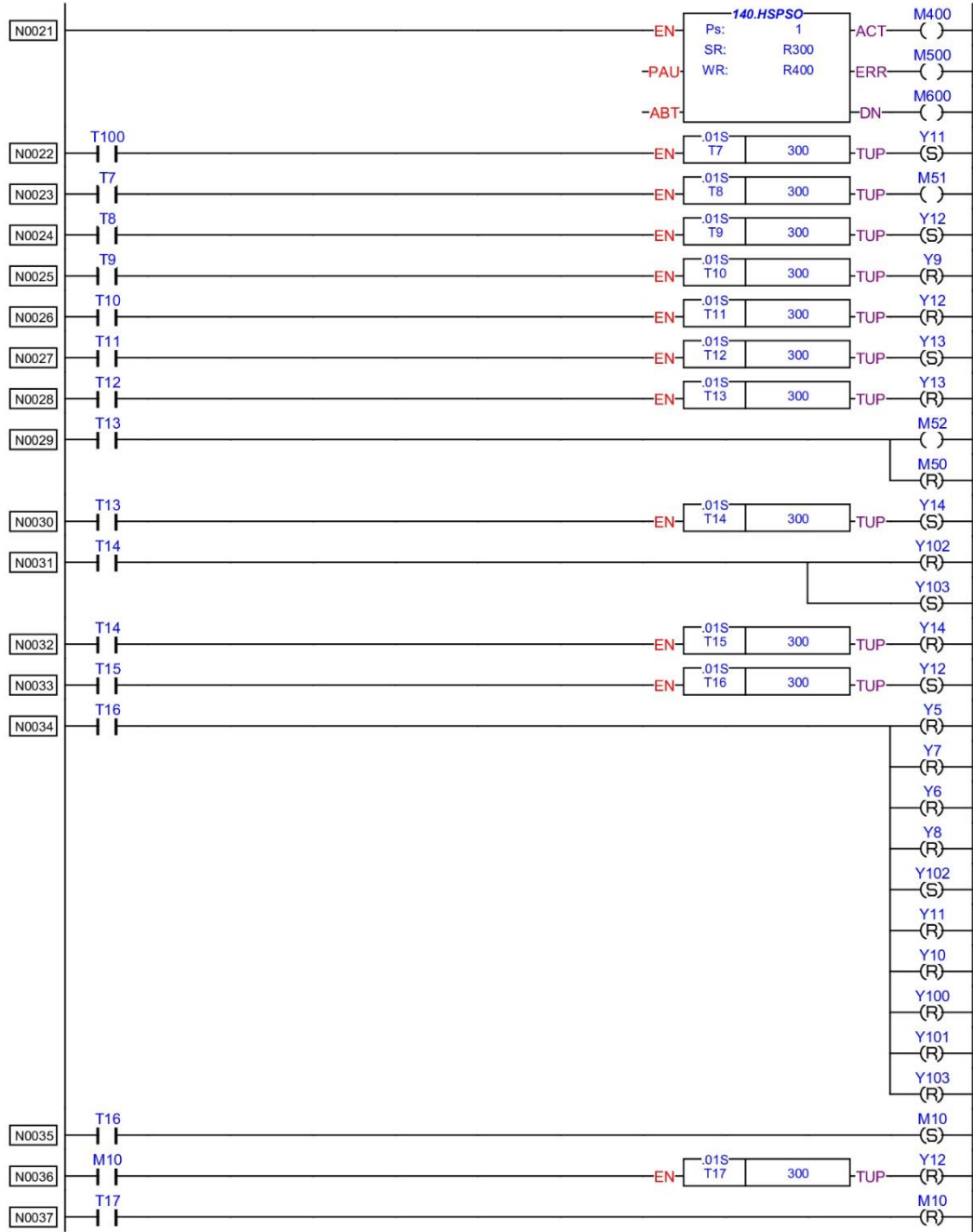
```
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
Servo Program Tablosu - [servo2] Başlangıç Pos.:R300 Stop Pos.:R346 Boyut
=====
Adım No. Hız Çalışıyor Bekle Git
=====
1 SPD 100 DRV ADR+, 10000,Ps EXT X11 GOTO NEXT
2 SPD 500 DRV ADR-, 1000,Ps WAIT M50 GOTO NEXT
3 SPD 500 DRV ADR+, 500,Ps WAIT M51 GOTO NEXT
4 SPD 500 DRV ADR-, 1500,Ps WAIT M52 GOTO NEXT
5 SPD 500 DRV ADR+, 1000,Ps WAIT M50 GOTO 3
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
```

(b)

Şekil 3.10: Step motor hareket emirleri a) Sol motor, b) Sağ motor.

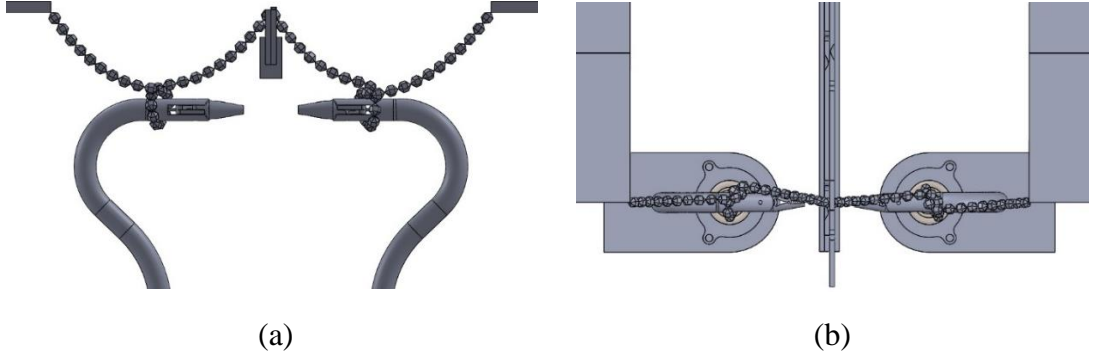
N21 satırı: Şekil 3.11'de görüldüğü üzere, makinenin diğer step motorunu kontrol eden fonksiyon bloğunun bulunduğu satırdır. Burdaki fonksiyonun içindeki hareket emirleri ise Şekil 3.10b'de görülmektedir.

N22 satırı: T100 zamanlayıcısı 3 saniye saydıktan sonra, T7 zamanlayıcısını tetikler. T7 zamanlayıcısı da 3 saniye saydıktan sonra, Y11 kontağını aktifleştirir. Y11 kontağının aktif hale gelmesiyle, K-l-x ve K-r-x pnömatik silindirleri geri hareket ederler. Böylece bkz Şekil 2.16b'de gösterildiği gibi düğüm atıcı kancalar saçakların üzerine getirilmiş olur.



Şekil 3.11: Ladder diyagramı devamı.

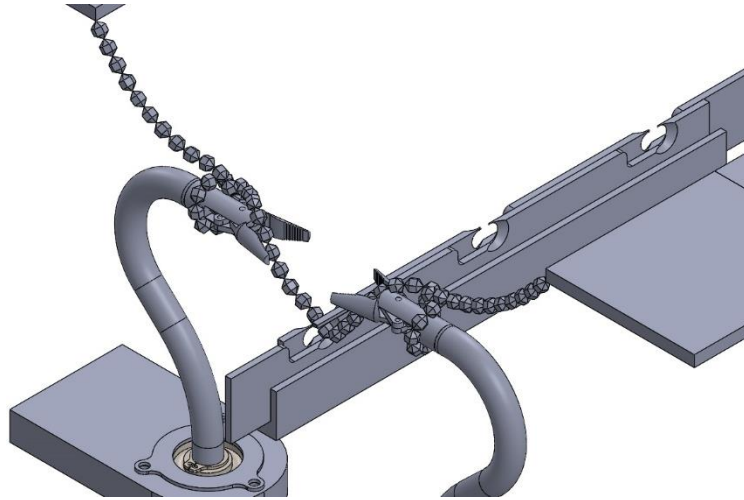
N23 satırı: T7 zamanlayıcısının aktif hale gelmesiyle T8 zamanlayıcısı tetiklenir ve saymaya başlar. T8 zamanlayıcısı 3 saniye saydıktan sonra aktif hale geçer. T8 zamanlayıcısı aktif hale gelince, M51 yardımcı kontağını açık konuma getirir. M51 yardımcı kontağı, step motorların kontrol fonksiyonunda kullanılır. Düğüm atıcı kancalar 270⁰ döndürülerek Şekil 3.12a ve b'de gösterildiği gibi saçakların kancalara dolanması sağlanır.



Şekil 3.12: Kancalara dolanmış saçaklar a) Ön görünüş, b) Üst görünüş.

N24 Satırı: T8 zamanlayıcısı T9 zamanlayıcısını tetikler. T9 zamanlayıcısı 3 saniye sonra aktif hale geçer ve Y12 kontağını açık konuma getirir. Böylece RH-l ve RH-r pnömatik silindirlerinin pistonları ileri hareket ederek, ip kavrama mekanizmasının çeneleri açılır.

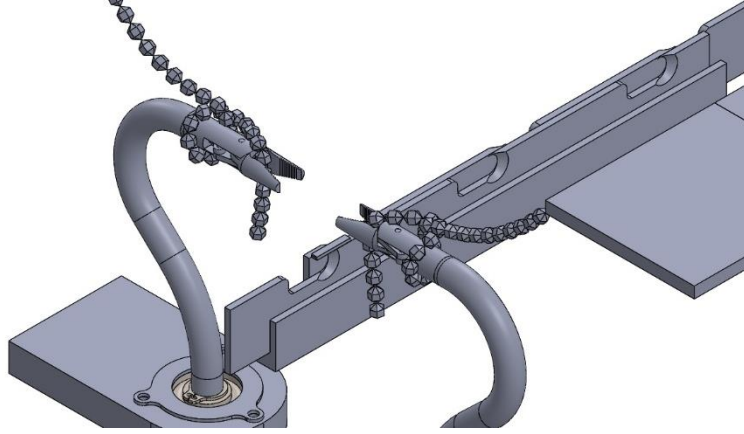
N25 satırı: T9 zamanlayıcısı T10 zamanlayıcısını tetikler. T10 zamanlayıcısı 3 saniye sonra aktif hale geçer ve Y9 kontağını pasif hale getirir. Böylece saçakları tutan kesici mekanizma Şekil 3.13'te gösterildiği gibi aşağı indirilir.



Şekil 3.13: Kavrayıcının, saçakları tutmadan hemen öncesi.

N26 satırı: T10 zamanlayıcısı T11 zamanlayıcısını tetikler. 3 saniye sonra T11 zamanlayıcısı aktif hale geçer ve Y12 bobininin enerjisi kesilir. Böylece RH-l ve RH-r silindirleri geri hareket ederek, kavrayıcılar saçakları yakalar.

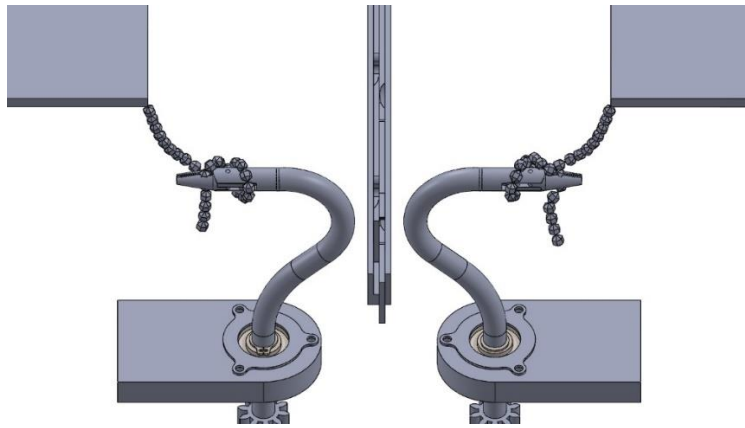
N27 satırı: T11 zamanlayıcısı T12 zamanlayıcısını tetikledikten 3 saniye sonra, Y13 kontağı açık konuma gelir. Y13 bobininin enerjilenmesiyle, CSS pnömatik silindiri geri hareket eder. Böylece kesici plaka hareket ederek Şekil 3.14'te gösterildiği gibi saçakları ortasından keser.



Şekil 3.14: Saçığın kesilmesi.

N28 satırı: T12 zamanlayıcısı T13 zamanlayıcısını tetikler. T13 zamanlayıcısı 3 saniye sayıp Y13 kontağını kapalı konuma getirir. Kesici plaka geri çekilir.

N29 satırı: T13 zamanlayıcısı M52 yardımcı kontağını aktif hale ve M50 yardımcı kontağını pasif hale getirir. Böylece düğüm atıcı kancalar Şekil 3.15'de gösterildiği gibi 90° döndürülmüş olur.



Şekil 3.15: Kancalar döndükten sonraki durum.

N30 ve N31 satırları: T13 zamanlayıcısı ile tetiklenen T14 zamanlayıcısı, tetiklendikten 3 saniye sonra Y14 ve Y103 kontağını açık, Y102 kontağını ise kapalı konuma getirir. K-l-y ile K-r-y silindirleri geri hareket ederek, TS-l ile TS-r silindirleri ise ileri hareket ederek, düğüm sıkma aşamasına geçilir.

N32 satırı: T14 zamanlayıcısı T15 zamanlayıcısını tetikler. T15 zamanlayıcısı 3 saniye sonra Y14 kontağını kapalı konuma getirir. Y14'ün kapalı konuma gelmesiyle, K-l-y ve K-r-y pnömatik silindirleri ileri hareket ederek düğümler sıkılır.

N33 satırı: T15 zamanlayıcısı T16 zamanlayıcısını tetikler. T16 zamanlayıcısı 3 saniye sonra Y12 kontağını açık konuma getirir. Böylece ip kavrama mekanizmasının çeneleri açılarak, tutulan aktif uç Şekil 3.16'da gösterildiği gibi bırakılır.



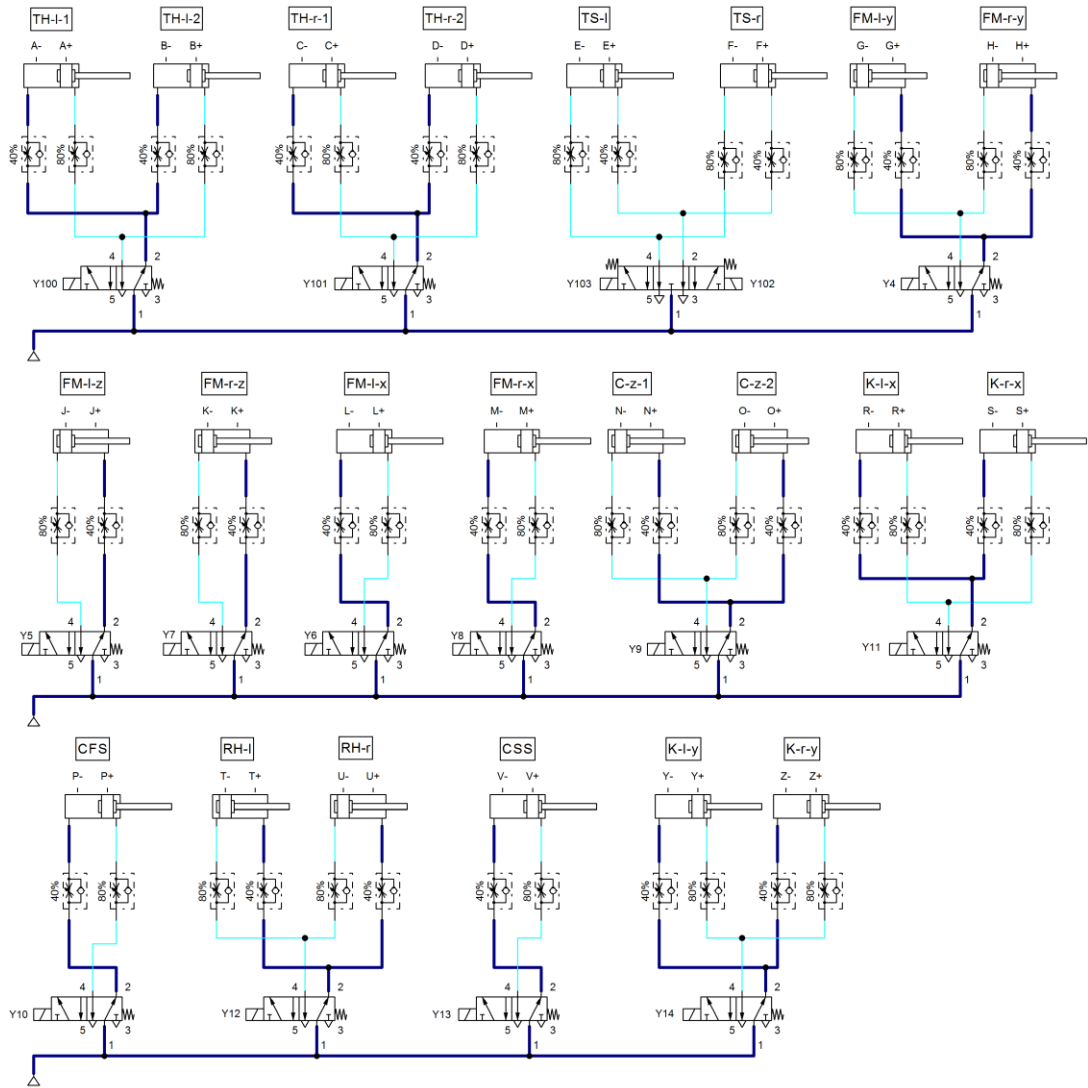
Şekil 3.16: Düğüm atılmış saçak.

N34, N35, N36 ve N37 satırları: Makine, düğüm prosesinin ilk adımına döndürülür. Makinenin sıradaki havluları bağlayabilmesi için, tüm pnömatik silindirlerin pistonları ve step motorlar başlangıç konumuna getirilir.

3.2 Pnömatik Silindirlerin ve Adım Motorlarının Çalışma Sıralaması

Şekil 3.17'de, kompresörün açılıp sisteme basınçlı havanın verilmesiyle pnömatik silindirlerin aldığı konumlar gösterilmiştir. Silindirler, selenoid valflerle kontrol edilmektedir. Selenoid valfler ve sistemdeki diğer motorlar ise bir PLC ile kontrol edilmektedir. Şekil 3.17'de gösterilen aşama için, PLC'ye henüz enerji verilmemiştir. Bu yüzden selenoid valfler tetiklenmemiş halde ilk konumlarındadır. Bu aşama, düğüm atma döngüsünün de neredeyse ilk adımındır. Döngünün ilk adımı için TS-l ve TS-r silindirlerini kontrol eden valfin, Y102 isimli bobinini enerjilendirmek gerekmektedir. Bunun nedeni de bu silindirleri kontrol eden valfin, diğer valflere göre farklı olarak üç konumlu olmasından dolayıdır. Şekil 3.17'de gösterilen bu 5/3 yön valfinin merkez konumuna, acil durdurma konumu da denilebilir.

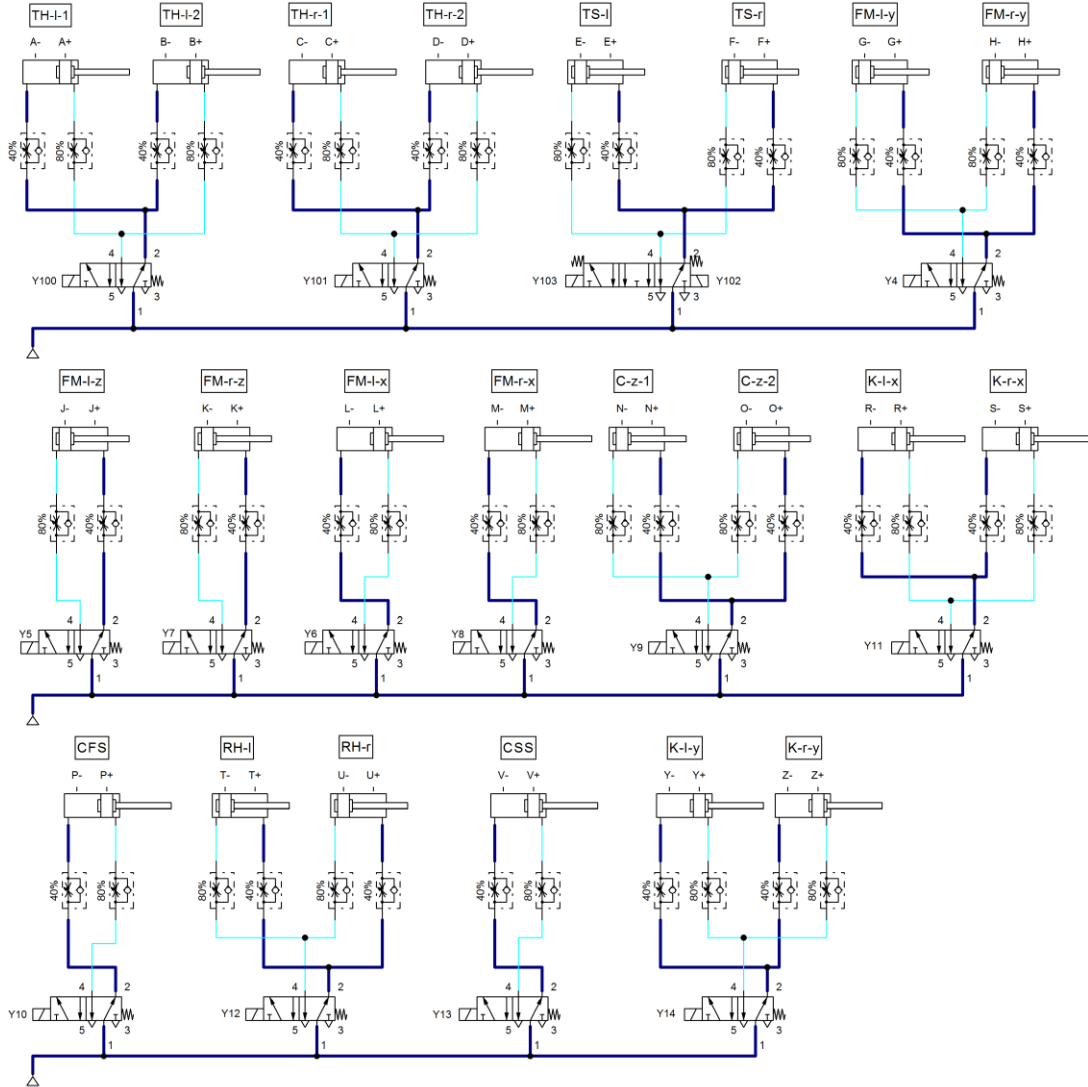
Bu konum, sistemde elektrik enerjisinin kesildiği, sadece basınçlı havanın bulunduğu durumda silindirlerin aldığı konumdur.



Şekil 3.17: Ladder diyagramı.

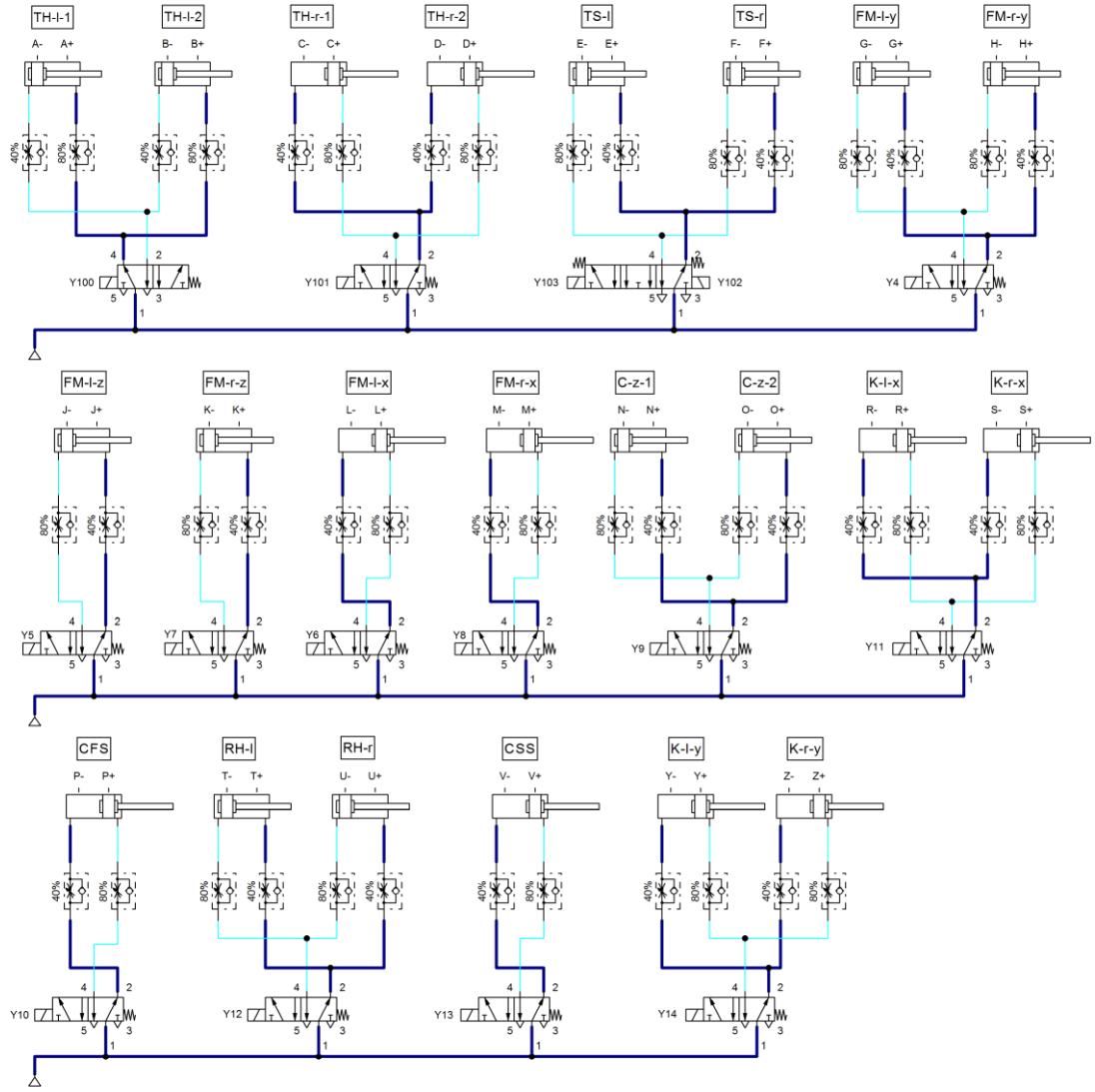
1. Adım: Şekil 3.18’de PLC’ye enerji verildiğinde, sistemdeki pnömatik silindirlerin aldıkları konumlar gösterilmektedir. Şekil 3.17’den farklı olarak sadece Y102 isimli bobin enerjilenmiştir. TS-l ve TS-r silindirlerinin pistonları E- ve F- konumlarına gelmiştir. Bu şekilde operatör, bağlanacak olan havluyu makine üzerine rahatça yerleştirebilmektedir. Ayrıca, Şekil 3.18’de gözükmemesine rağmen PLC enerjilendikten sonra, step motorlar ile tahrik edilen düğüm düzeneği sınır anahtarına kadar hareket etmektedir. Düzenek, sınır anahtarına değdikten sonra da başlangıç konumuna gelecek şekilde, adım motorları ile hareketlendirilmektedir. Bu konum, düğümleme döngüsünün ilk adımındır. Sistem kullanıma hazırdır. Bu aşamada

operatör, havlunun makinenin sol tarafına denk gelen tarafını bkz Şekil 2.8b’de gösterildiği gibi uygun bir şekilde hizalar. Hemen ardından, havluyu kaymaması için tutacak olan düzeneği çalıştırır.



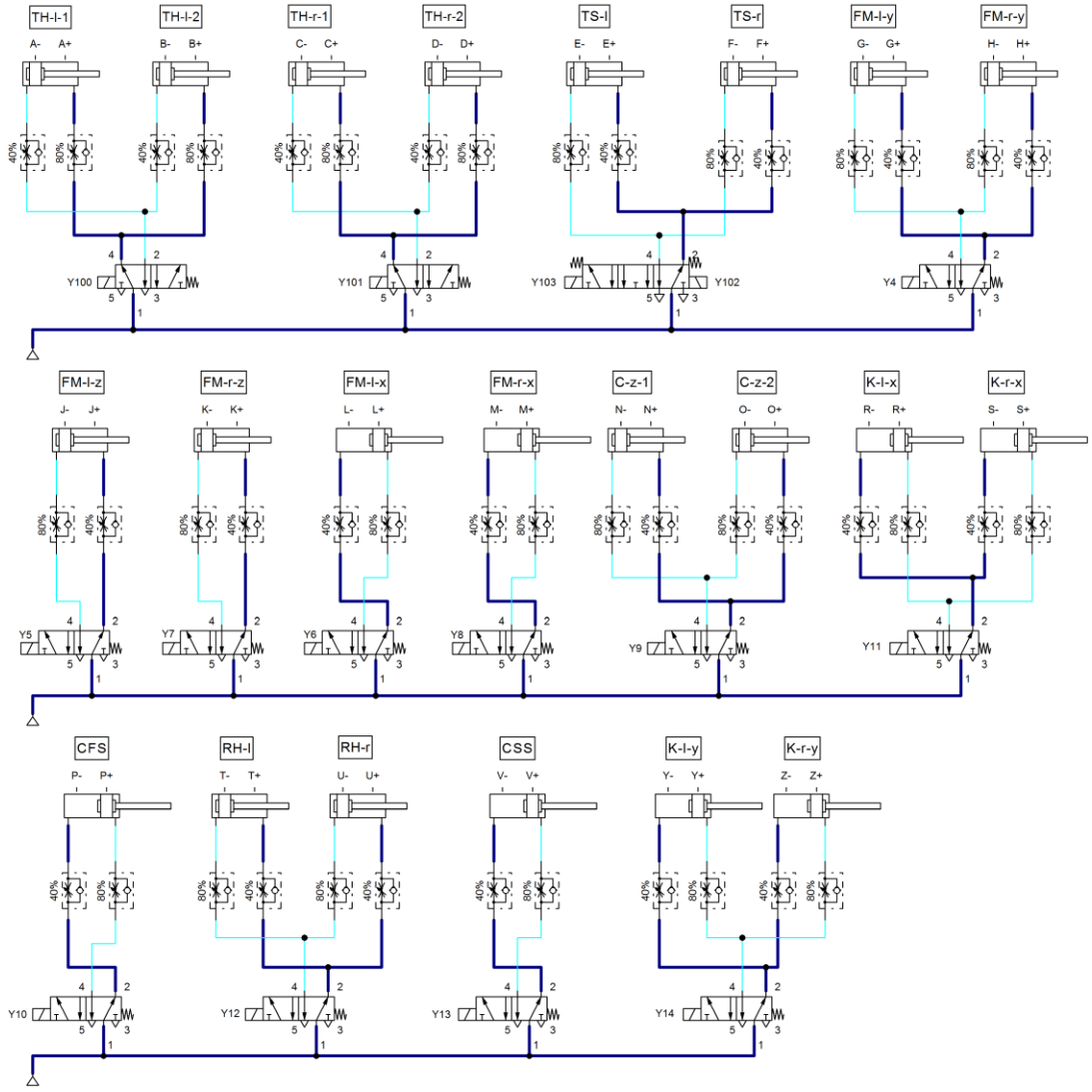
Şekil 3.18: Ladder diyagramı.

2. Adım: Şekil 3.19’da sistemin, operatörün sol taraftaki havlu tutucu düzeneğini çalıştırdıktan hemen sonraki hali gözükmemektedir. TH-1-1 ve TH-1-2 silindirlerinin pistonları A- ve B- konumlarına gelmiştir. Havlunun sol tarafı sabitlenmiştir. Bu adımda operatör, havlunun makinenin sağ tarafına denk gelen tarafını da uygun bir şekilde hizalar. Hemen ardından, bir önceki adımda da yaptığına benzer bir şekilde, bu taraftaki havlu tutucu düzeneği de bkz. Şekil 2.7b’de gösterildiği gibi çalıştırır.



Şekil 3.19: Ladder diyagramı.

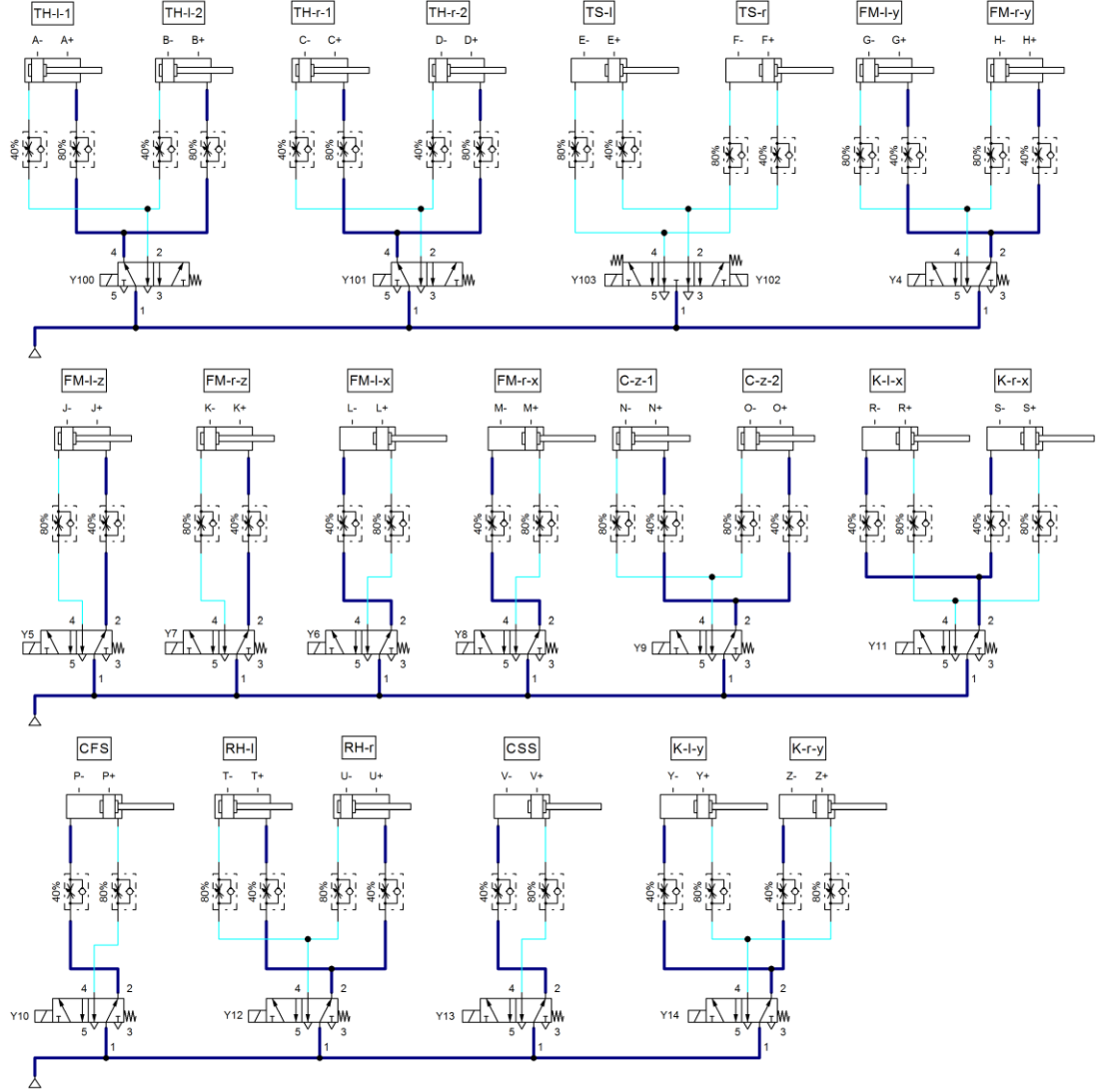
3. Adım: Bu aşamada artık, havlu makine üzerindeki konumunu almıştır. Şekil 3.20’de görülebileceği üzere, makinenin sağ tarafında bulunan havlu tutucu düzeneğin TH-r-1 ve TH-r-2 silindirlerinin pistonları C- ve D- konumlarına gelmiştir. Bu aşamadaki makinenin görünüşü bkz. Şekil 2.7b’de görülebilmektedir. Havlular, aralarındaki saçakların düzleşmesi için gerdirilmeye hazırdır. Operatörün düğmeye basmasıyla sistem harekete geçer.



Şekil 3.20: Ladder diyagramı.

4. Adım: Bu aşamada havlu bzk. Şekil 3.3'te gösterildiği gibi gerilmiş bulunmaktadır. Ancak dikkat edilmesi gereken bir nokta; Şekil 3.20'de havluyu gerdiren ya da gevşeten düzeneğin tahrik elemanı olan TS-l ve TS-r silindirlerinin pistonları E- ve F- konumlarındadır. Ancak Şekil 3.21'de, bağlı olduğu valften silindirlere herhangi bir hava geçişi olmamasına rağmen, silindirlerin pistonları E- ve F- konumlarından E+ ve F+ konumlarına gelmiştir. Bunun nedeni, bu kısımda bağlı bulunan yaylardır. TS-l ve TS-r silindirleri düzeneğe herhangi bir kuvvet uygulamadığında, buradaki yaylar havluyu gerdirecek şekilde düzeneğe bzk. Şekil 2.6'da gösterildiği gibi kuvvet uygulamaktadır. Böylece sonraki aşamalarda, saçakları bir araya toplarken oluşacak olan havlu boyundaki kısalma, yayların boyunda oluşacak uzama ile tolere edilebilecektir. Ayrıca TS-l ve TS-r silindirlerine kıyasla yay kuvvetleri daha az olduğundan, saçakları toplarken oluşacak olan karşı kuvvetten

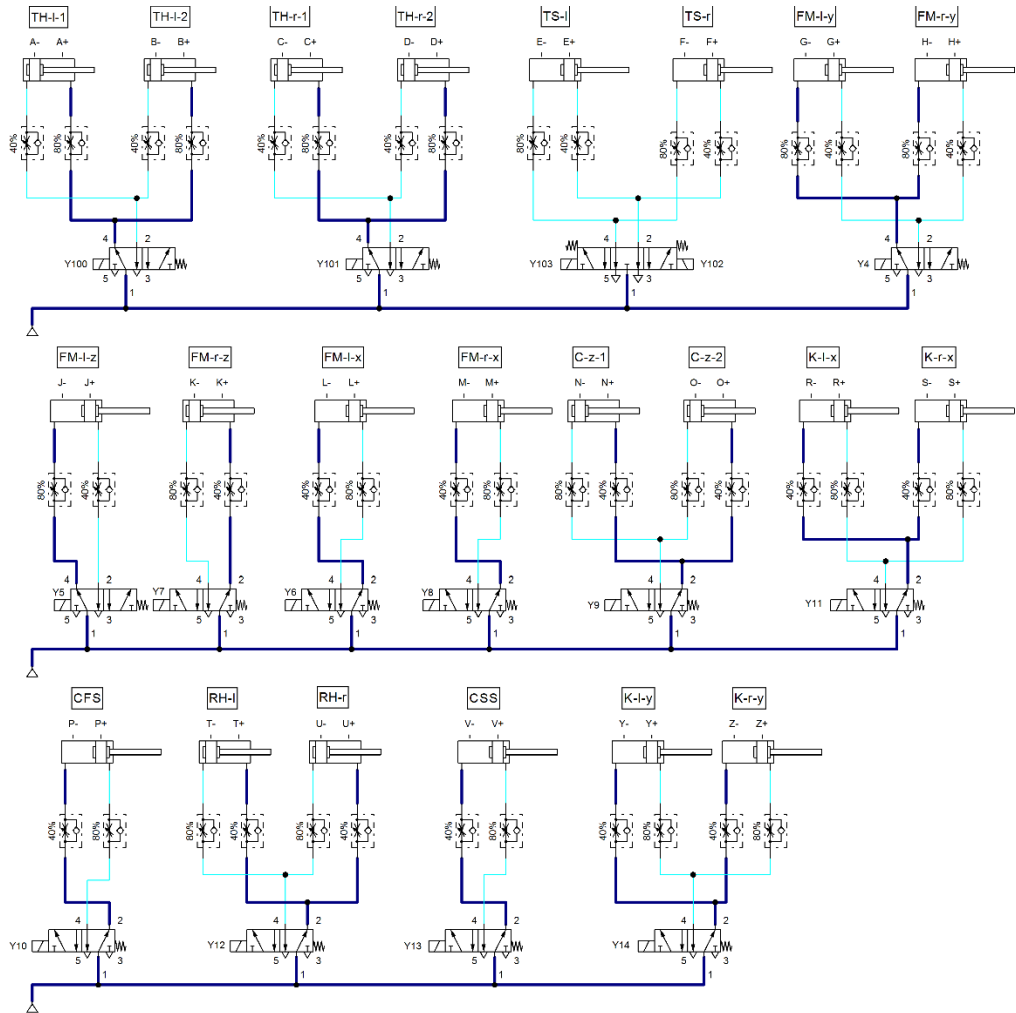
dolayı sistemdeki kasılmaların ve olası sorunların da önüne geçilmektedir. Bu noktada silindirlerin basıncını düşürmek akla gelebilir ancak, düğüm atmanın son aşamasında, düğümü sıkarken ihtiyaç olan kuvvetten dolayı, silindirlerin basıncı düşürülemez. Bunun yerine, havluyu gerdirmek için yaylar kullanılmaktadır. Havlu gerildikten sonra, operatörün düğmeye basmasıyla sonraki aşamaya geçilir.



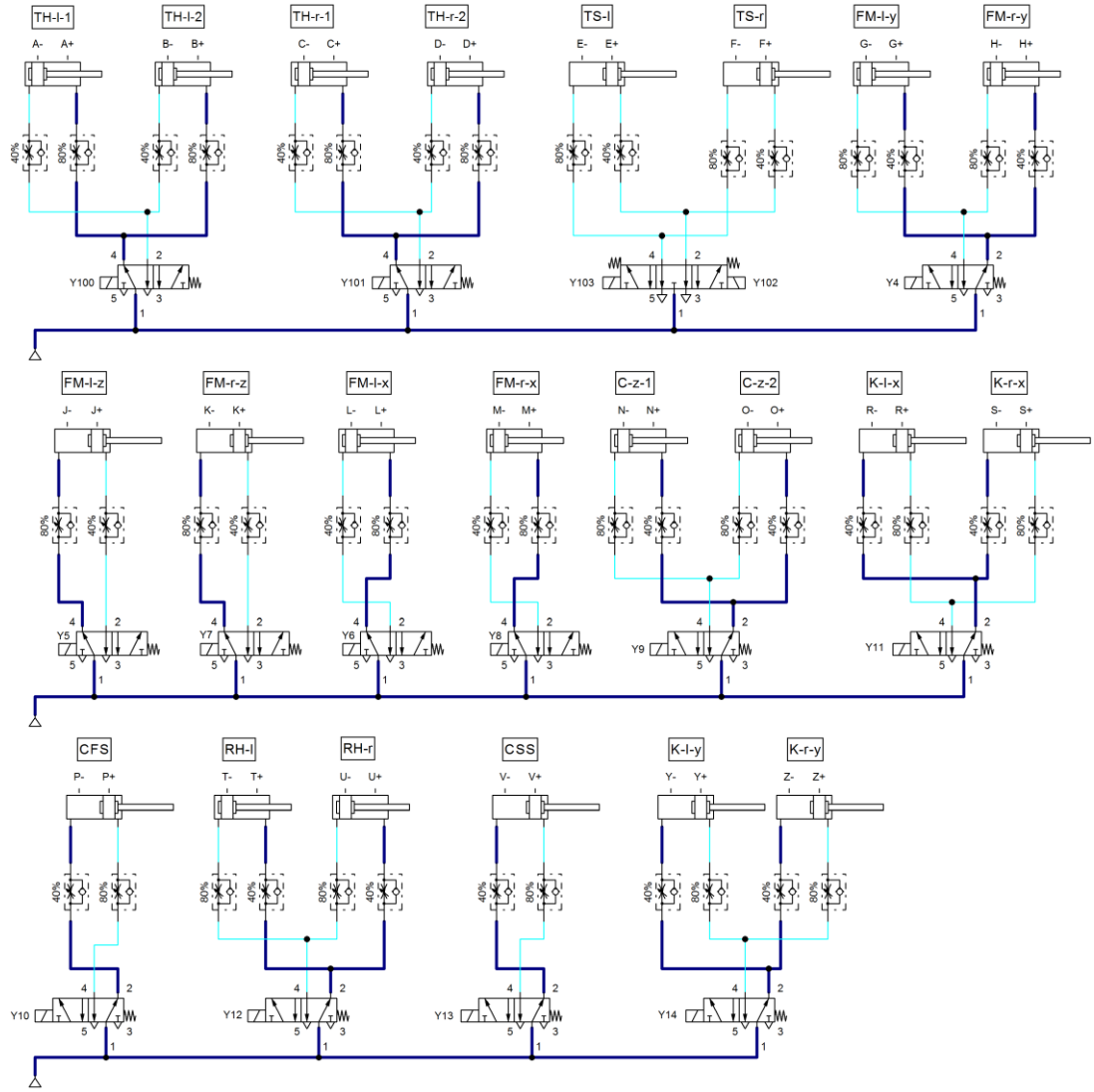
Şekil 3.21: Ladder diyagramı.

5. Adım: Bir önceki adıma göre, makinenin her iki yanında bulunan saçak toplayıcı düzenekler makinenin ortasına doğru hareket etmişlerdir. Bu durum Şekil 3.22'de, FM-l-y ve FM-r-y silindir pistonlarının G+ ve H+ konumlarına gitmiş olmasından anlaşılabilir. Hemen akabinde, soldaki saçak toplayıcının, saçakları ayırarak olan iğneleri aşağı inerek saçakların arasına girmektedir. Bu da Şekil 3.22'de FM-l-z pnömatisi silindir pistonunun J+ konumuna gelmesinden

anlaşılabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken; FM-r-z silindirinin pistonu FM-l-z ile aynı anda K+ konumuna getirilmemiştir. Bunun nedeni; aşağı inen iğnelerin, havlunun sağ ve sol tarafında ayrı saçakları toplayıp farklı gruplar haline getirmemesi içindir. İlk olarak, sol taraftaki iğneler saçakları ayırır. Böylece sağ taraftaki saçakların arası biraz olsun açılmış duruma gelir ve sağ taraftaki iğnelerin soldakiyle farklı saçak grubu oluşturmasının önüne geçilir. İğneler, saçakların arasına girdikten sonra birbirlerine yaklaşır saçak grupları oluşturur. Ancak bu sıradaki işlemdir; çünkü iğneler aşağı indiğinde, saçak iplerinin üzerine denk gelip hatalar oluşturabilir. Bunun önüne geçmek için, iğneler birbirlerine yaklaşımadan önce operatör tarafından, saçaklarda bir sorun olup olmadığı kontrol edilir. Operatörün (varsa) düzeltmelerinden sonra düğmeye basmasıyla diğer adıma geçilir.



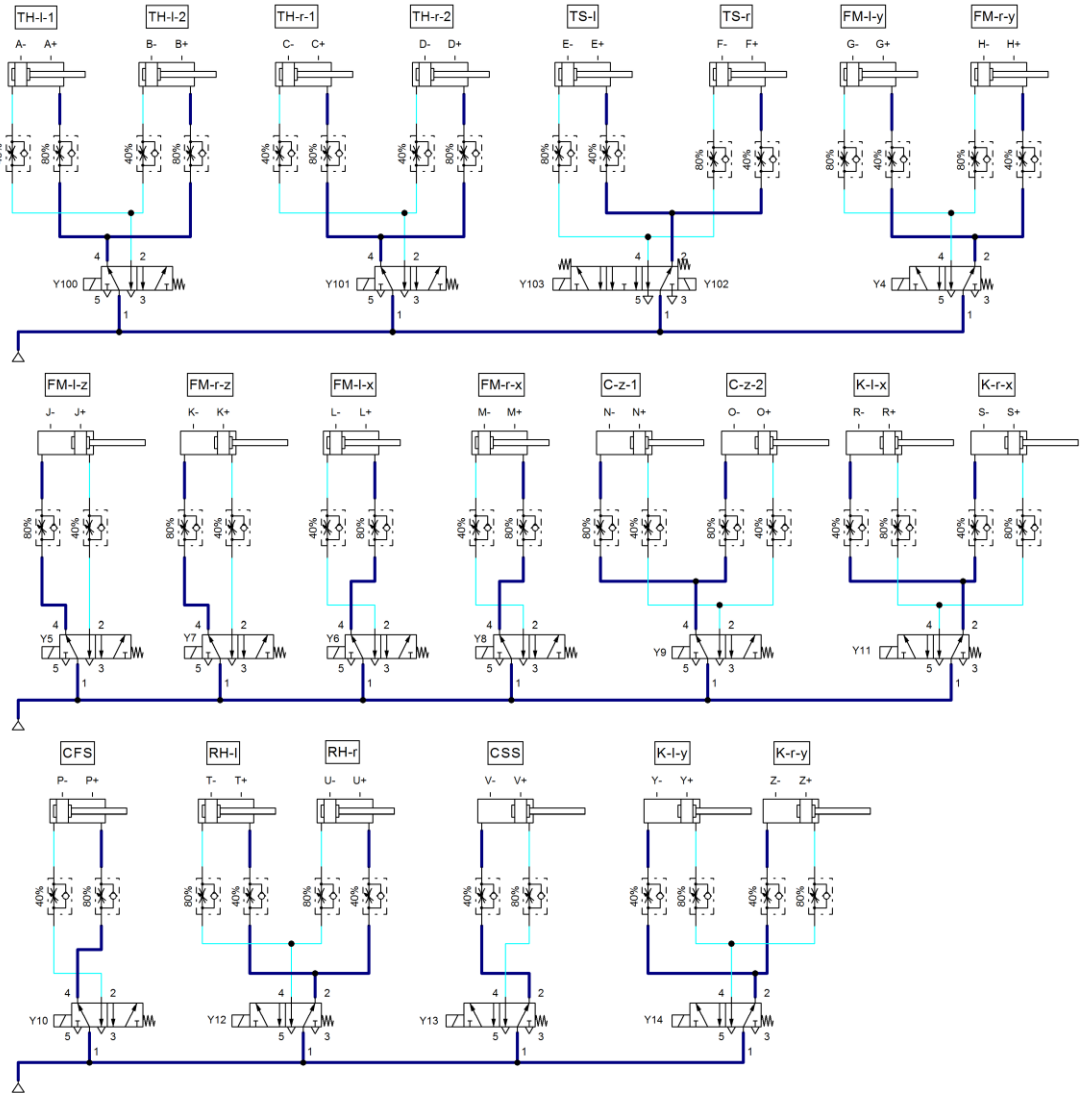
Şekil 3.22: Ladder diyagramı.



Şekil 3.23: Ladder diyagramı.

6-7-8-9. Adım: Bir önceki adım, operatör kontrolünün gerektiği son adımdı. Buradan sonraki işlemler, birbirlerini takip edecek şekilde bir düğüm döngüsü boyunca otomatik olarak devam edecektir. Şekil 3.23'te görülebileceği üzere FM-l-x silindirin pistonunun L- konumuna gelmesiyle, sol taraftaki saçaklar gruplandıktan sonra, sağ tarafın iğneleri de saçakların arasına indirilir. Şekil 3.23'te FM-r-z silindirin pistonunun K+ konumuna geldiği görülebilmektedir. Bunun hemen ardından, FM-r-x silindirin pistonunun M- konumuna gelmesiyle, bkz. Şekil 3.7'de gösterildiği gibi sağ taraftaki saçaklar da sol taraftakilerle aynı şekilde gruplanmış olmaktadır. İki tarafın saçakları da aynı şekilde gruplandırıldıktan sonra, iğneler saçakların arasından çekilmeden, ayırıcı düzenek bkz. Şekil 3.8'de gösterildiği gibi saçakların başladığı havlu dibine kadar hareket ettirilir. Bu durum, FM-l-y ve FM-r-y silindirlerin pistonlarının G- ve H- konumlarına gelmesinden görülebilmektedir. Bu işlem sırasında

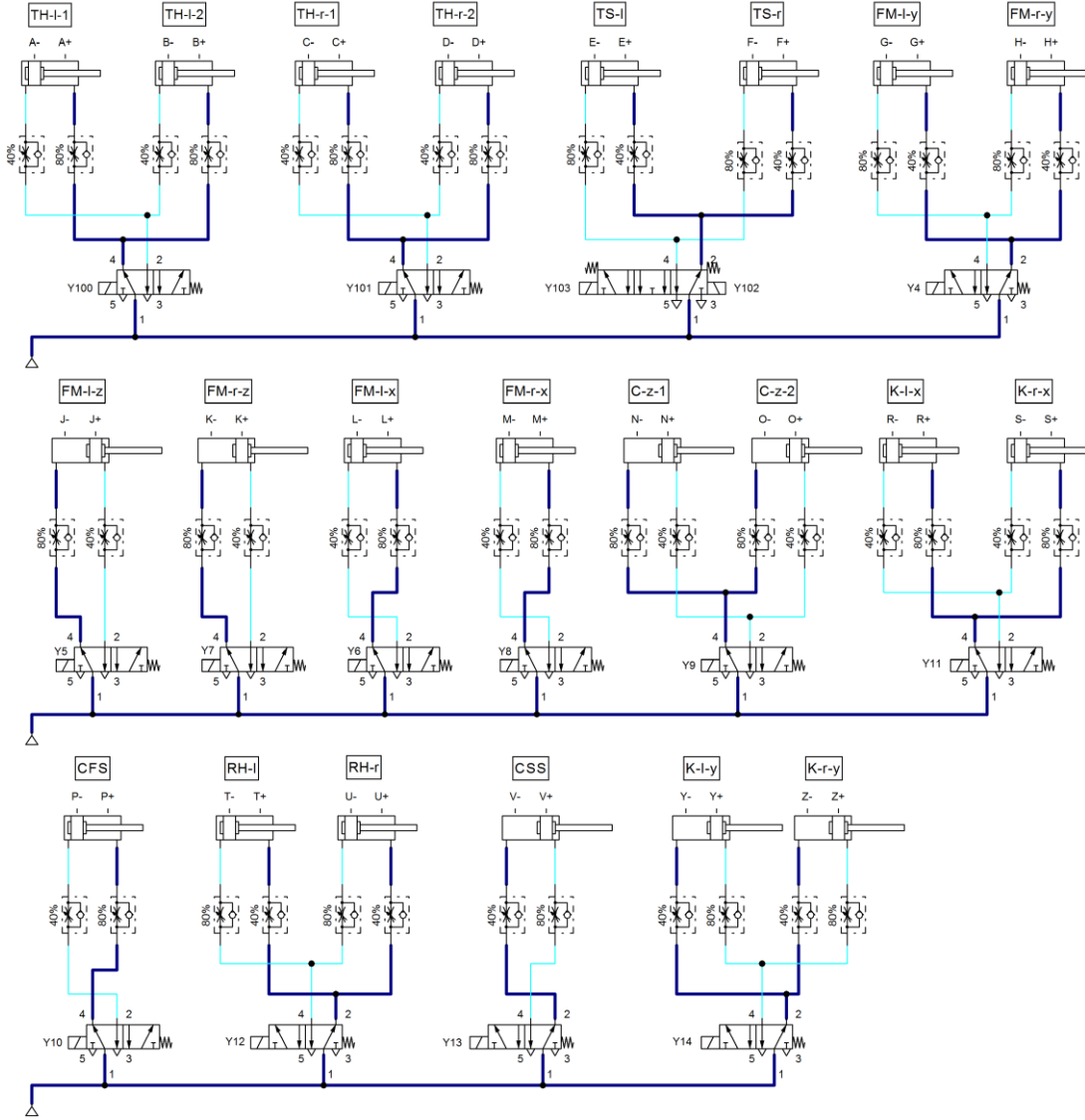
havlular birbirlerine yaklaşmaktadırlar. Yayılar sayesinde, saçakların gerginliği korunabilmektedir.



Şekil 3.24: Ladder diyagramı.

10-11-12. Adım: Saçakların, demet demet ayrıldıktan sonra dağılmamaları için ortalarından tutulmaları gerekmektedir. Saçakları tutma işlemi, aynı zamanda bu saçakları kesmek için de kullanılacak olan makaslar ile yapılmaktadır. Buradaki tutma işlemi sıkıca kavramak olarak değerlendirilmemelidir. İplere yük bindirmeden, sadece dağılmalarını önlemek için, bir daire içinde hapsedmek olarak düşünülebilir. İlk olarak, Şekil 3.24'te de görülebildiği üzere C-z-1 ve C-z-2 silindirlerinin pistonları N+ ve O+ konumlarına getirilmişlerdir. Böylece saçak ipleri, kesicilerin üst tarafındaki boşluktan geçerek bir sonraki adımda hapsedilecekleri dairenin içine getirilmektedir. Bunun akabinde bkz. Şekil 2.10'da gösterildiği gibi, CFS silindirinin pistonu P- konumuna

getirilmesiyle, kesicilerin üst tarafındaki boşluk da kapatılarak ipler dairenin içinde hapsedilir. Saçaklar tutulduktan sonra sıradaki adımda, TS-l ve TS-r silindirlerinin pistonları E- ve F- konumlarına getirilmiştir. Böylelikle gergin duran saçaklar gevşetilmiş, bkz. Şekil 3.9’da gösterildiği gibi sağda ve solda birer tane parabol oluşturacak şekle getirilmiştir.

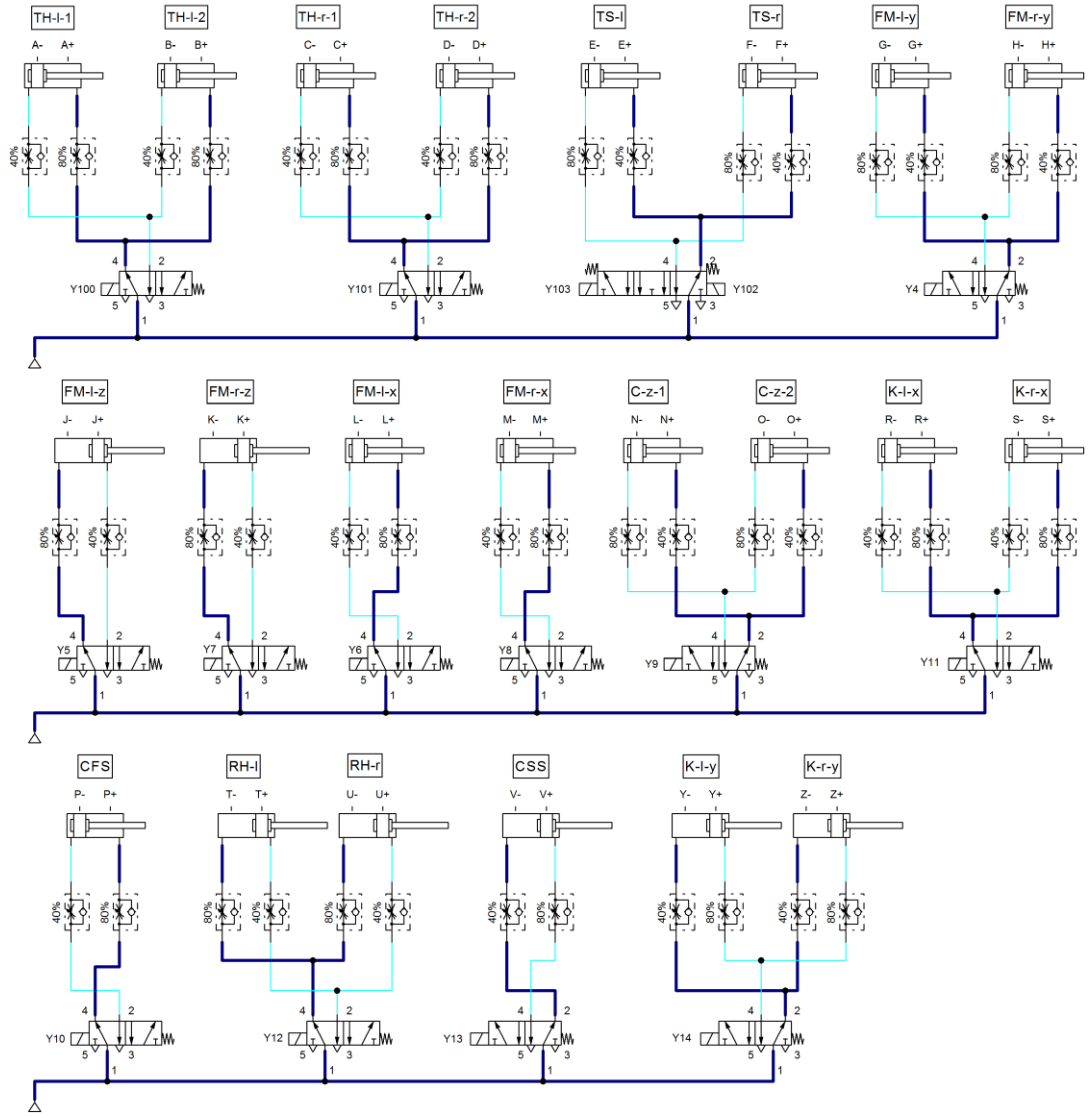


Şekil 3.25: Ladder diyagramı.

13-14-15. Adım: Saçakların aşağı sarkmasının ardından, saçaklara paralel bir şekilde duran düğüm atıcı kancalar, saçaklara dik olacak şekle getirilirler. Bu işlem, adım motorlarından tahrik olarak gerçekleştirildiği ve Şekil 3.25’te, sadece pnömatis silindirlerin konumları gösterildiği için, bu işlem burada görülememektedir. Kancaların saçaklara dik olacak şekle gelmesiyle, düğüm atma işlemine başlayabilmek için, kancaların dönme merkezinin saçaklarla aynı hizaya getirilmesi gerekmektedir.

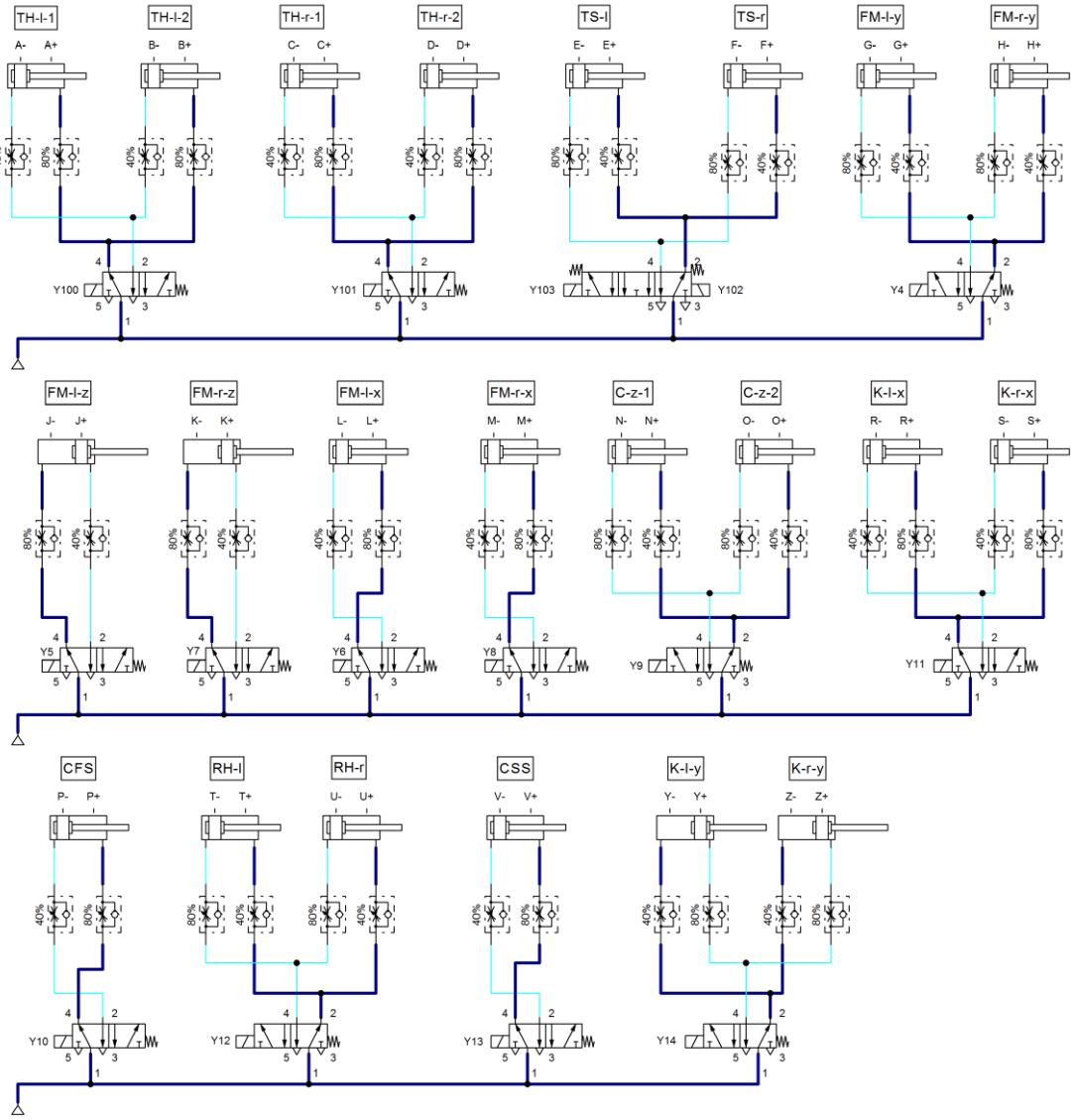
Bunun için; kancaların üzerinde bulunduğu platform, parabol şeklindeki saçaklara doğru hareket ettirilmektedir. Şekil 3.25'te görüldüğü üzere, K-l-x ve K-r-x silindirlerinin pistonlarının R- ve S- konumlarına gelmesiyle bu işlem gerçekleştirilmiş olur. Dönme merkezleri aynı hizaya gelen saçaklarla kancalar, bkz. Şekil 2.16b'de görülebilmektedir. Bu durumda, düğüm atma işlemine başlayabilmek için kancalar ve saçaklar uygun konumdadır. Sıradaki adımda; kancalar kendi eksenlerinde 270° açı ile döndürülürler. Kancaların dönme işlemi için adım motorlarından tahrik alınmaktadır. Bu dönme işlemi sırasında kancanın ucu, parabol şeklindeki saçığın, kancanın dönme yolu üzerindeki uzantısına (kanca çıkıntısına) takılarak, saçığın da kanca ile birlikte dönmesini sağlamaktadır. Böylece bkz. Şekil 3.12'de gösterildiği gibi, bu dönme işleminin sonunda kanca ile birlikte dönen saçak, kancanın etrafına dolanarak bir çember şeklini alır.

16-17. Adım: Bir önceki adımda, saçakları çember şekline getirerek düğüm atma işleminin ilk aşaması tamamlanmıştır. Sıradaki işlemlerde, düğüm atacak olan aktif ucu bu çemberin içerisinden geçirdikten sonra, ipin iki ucunu da zıt yönlerde çekerek düğüm sıkılacaktır. Ancak, şu aşamada çemberin içinden geçirilmeden önce, ipin ucunun tutulması gerekmektedir. Tutma işlemi, kancanın ucundaki kavrama mekanizması ile yapılmaktadır. İlk olarak, Şekil 3.26'da görüldüğü üzere RH-l ve RH-r silindirlerinin pistonları T+ ve U+ konumlarına gelerek, kavrayıcının çeneleri açılmaktadır. Çenelerin açılmasının ardından C-z-1 ve C-z-2 silindirlerinin pistonları N- ve O- konumlarına getirilir. Böylece bkz. Şekil 3.13'te gösterildiği gibi saçakları orta yerinden tutan makas aşağı doğru indirilmiş olur. Makas ile birlikte aşağı doğru yol alan saçaklar da, açık bir şekilde duran çenelerin arasından geçerek, tutulmaları için gereken konuma getirilmiş olur.



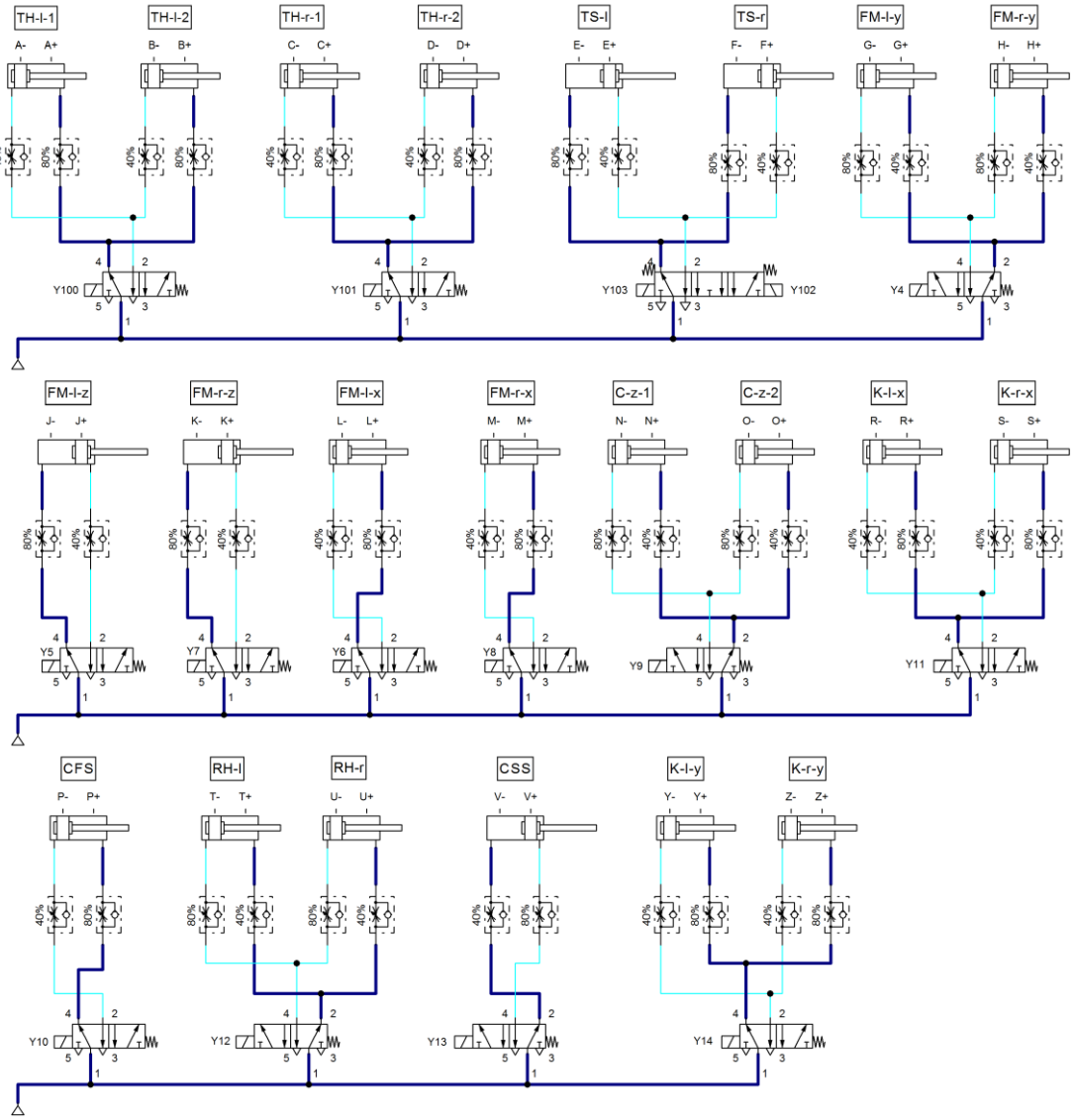
Şekil 3.26: Ladder diyagramı.

18-19. Adım: Saçaklar çenelerin arasındayken, Şekil 3.27’de de görüldüğü üzere RH-l ve RH-r silindirlerinin pistonları T- ve U- konumlarına getirilerek, çenelerin kapanması sağlanır. Böylelikle, saçakların düğüm atacak olan aktif uçları tutulmuş olur ancak havluların arasındaki bağlantı devam etmektedir. İplerin uçlarını boşa çıkarmak ve havluların birbiriyle olan bağlantısını koparmak için, saçakların orta noktalarından kesilmesi gerekmektedir. Makasın orta noktasında hapsedilmiş olan saçaklar, makasın kesme hareketiyle kesilirler. Şekil 3.27’de görülen CSS silindirinin pistonunun V- konumuna getirilmesi, makasa kesme hareketini yaptıran silindir hareketidir. Böylelikle bkz. Şekil 3.14’te gösterildiği gibi havlular birbirinden ayrılmış ve düğümü atmak için gerekli olan aktif uç ortaya çıkmıştır.



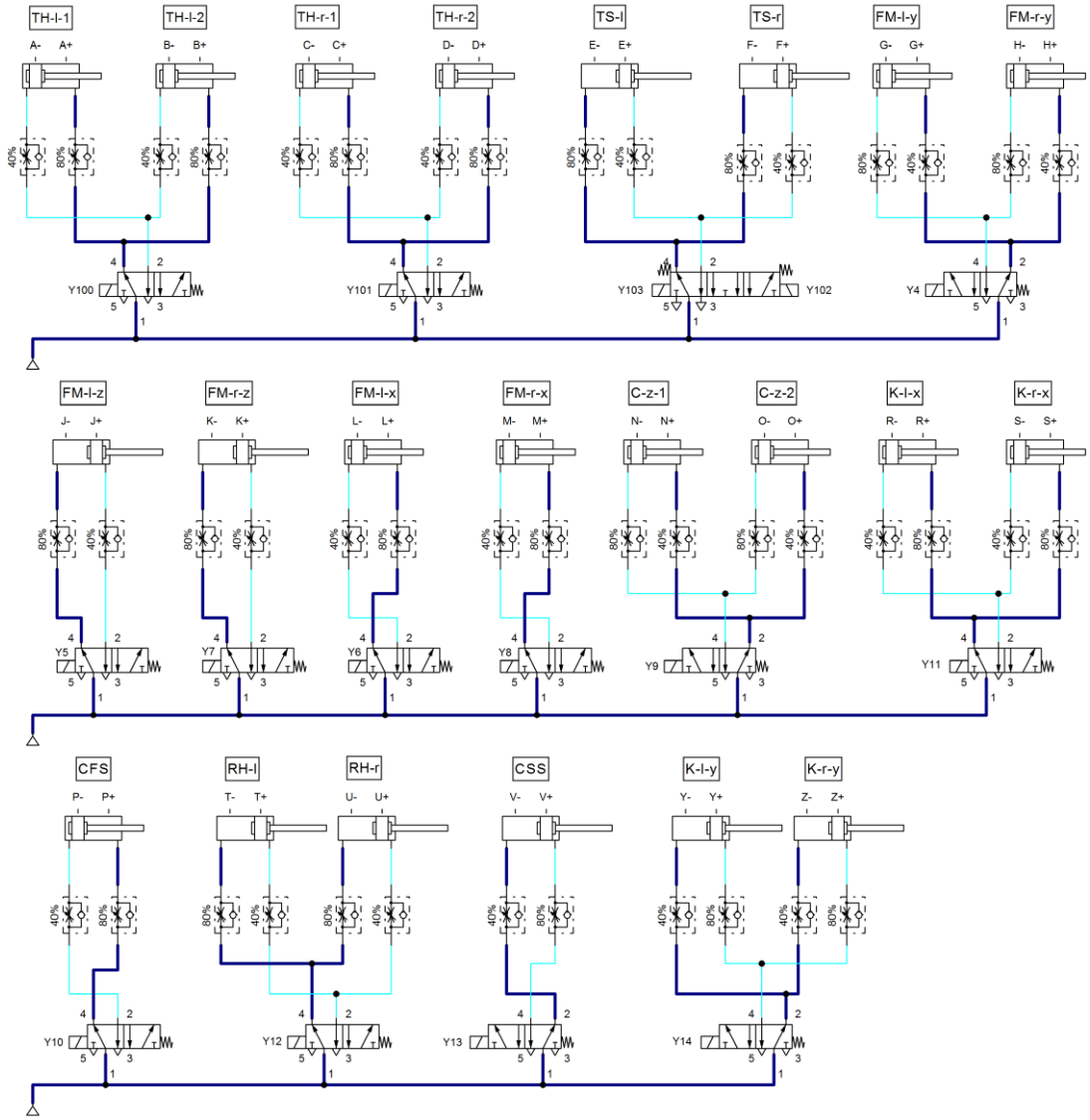
Şekil 3.27: Ladder diyagramı.

20-21-22. Adım: Bir önceki adımda ipleri kesen makasın, bu düğüm döngüsündeki rolü bittiğinden dolayı, diğer döngüye hazır olması için ilk haline getirilir. Düğüm sıkılırken, ipin iki ucunun zıt yönlerde çekilebilmesi için, düğüm atıcı kancanın havluya doğru dönmesi gerekmektedir. Bu işlem adım motorunun tahrikiyle gerçekleşir ve bkz. Şekil 3.15'te gösterildiği gibi kanca 180° ters tarafa döndürülür. Bu aşamadan sonra havlu ile beraber, saçakların sarılı olduğu kanca mekanizmaları, aynı anda geriye doğru hareket ettirilir. Bunun nedeni, iplerin aktif uçları çemberlerin içinden geçirildikten sonra, düğümler sıkılırken yer kazanmak içindir. Şekil 3.28'de görüldüğü üzere; K-l-y, K-r-y, TS-l ve TS-r silindirlerinin pistonlarının sırasıyla Y- Z- E+ ve F+ konumlarına gelmesiyle bu işlem gerçekleştirilir.



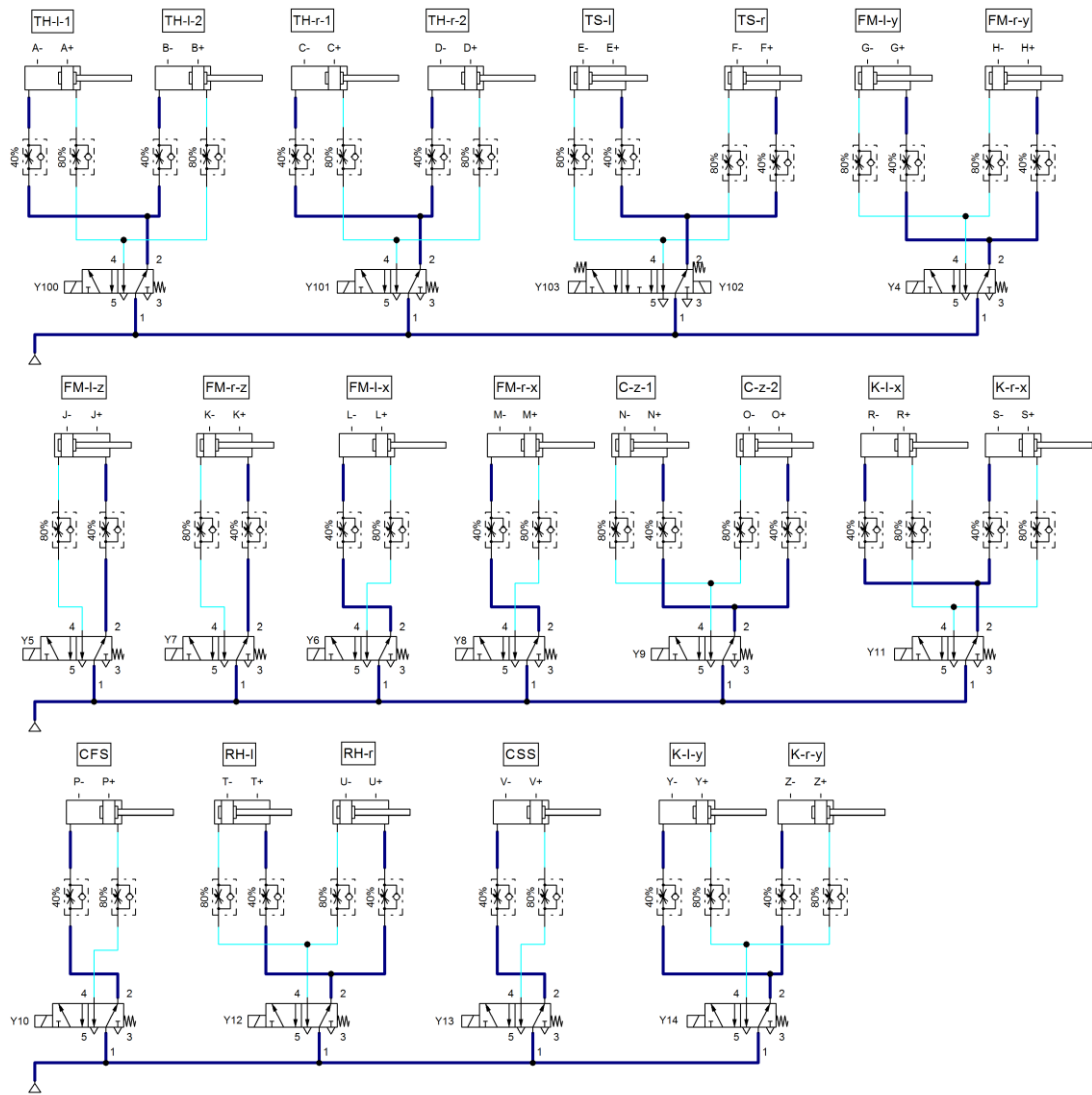
Şekil 3.28: Ladder diyagramı.

23-24. Adım: Sırada, düğüm döngüsünün son aşaması olan, aktif ucun çemberin içerisinde geçirilip düğümün sıkılması işlemi vardır. Şekil 3.29'da görüldüğü üzere K-l-y ve K-r-y silindirlerinin pistonlarının Y+ ve Z+ konumlarına getirilmesiyle, aktif uçlar çemberlerden geçirilmiş ve düğümler sıkılmış olur. Bu aşamada, kavrayıcılar tarafından tutulan saçakların uçları bırakılır. Bunun için, Şekil 3.29'da görüldüğü üzere RH-l ve RH-r silindirlerinin pistonları T+ ve U+ konumlarına getirilir. Böylece bkz. Şekil 3.16'da gösterildiği gibi, düğüm atma işlemi gerçekleştirilmiş ve iki ayrı havlunun, birer kenarlarından sarkan tüm saçakları düğümlenmiştir.

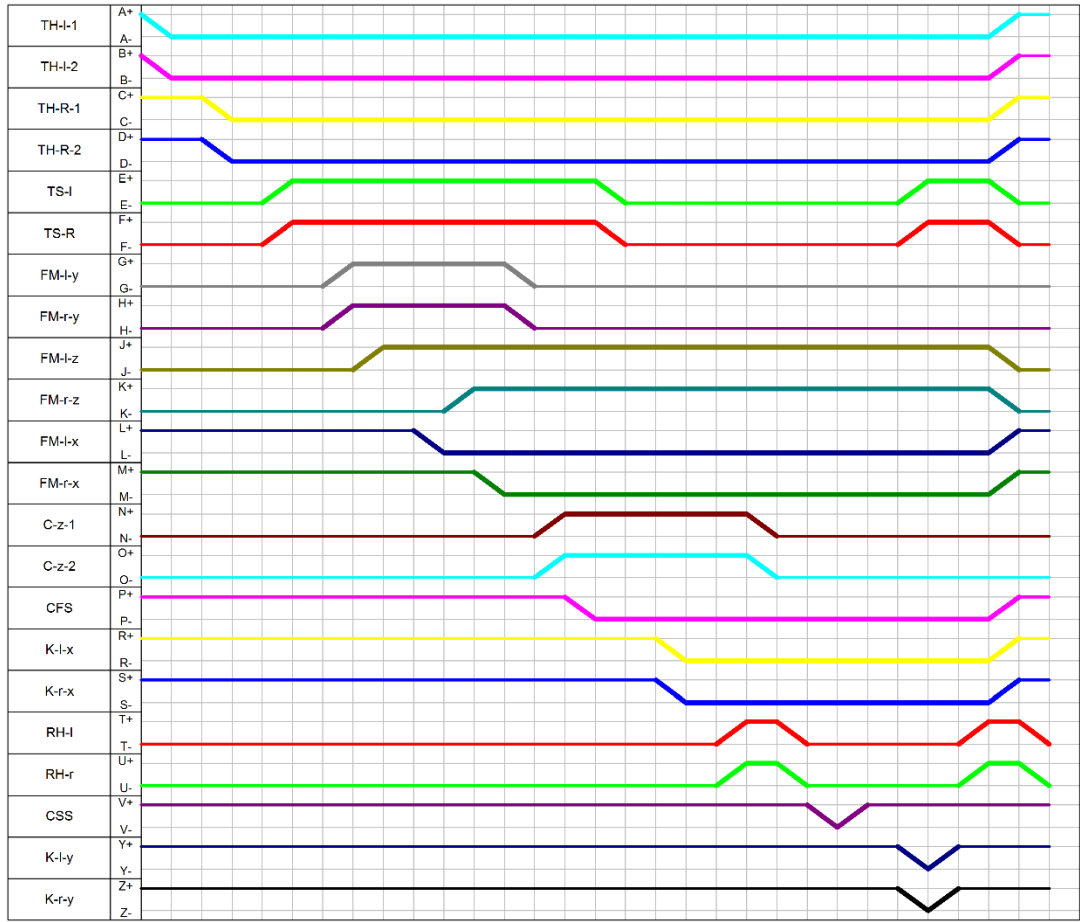


Şekil 3.29: Ladder diyagramı.

25. Adım: Bu son adım, diğer düğüm döngüsüne hazırlık adımıdır. Bu adımda tüm pnömatik silindireler, düğüm döngüsünün başındaki, yani 1. adımdaki haline getirilir. Şekil 3.30'da, bu adımın sonunda pnömatik silindirelerin pistonlarının aldığı konumlar gösterilmektedir. Bu şekil, Şekil 3.15 ile kıyaslanırsa ikisinin de aynı olduğu görülür. Bu adımın sonunda makine beklemeye geçmektedir. Operatör, sağ kısımda bulunan, iki tarafı da düğümlemiş havluyu makinenin üzerinden alır. Sol taraftaki havlu topundan, bir tarafı düğümlemiş havluyu çekerek, diğer havluyla bağlantılı olan düğümlememiş kenarını, makine üzerinde olması gereken konuma getirir. Böylece, diğer döngüye başlamak için gerekli komutları vermeye hazır hale gelir.



Şekil 3.30: Ladder diyagramı.



Şekil 3.31: Pnömatik silindirlerin pozisyon adım diyagramı.

Şekil 3.31’de, pnömatik silindirlerin pozisyon adım diyagramı verilmiştir. Bu diyagramdan, işlem sıralarına göre silindirlerin pistonlarının aldıkları konumlar görülebilmektedir.

4. HESAPLAMALAR ve ANALİZLER

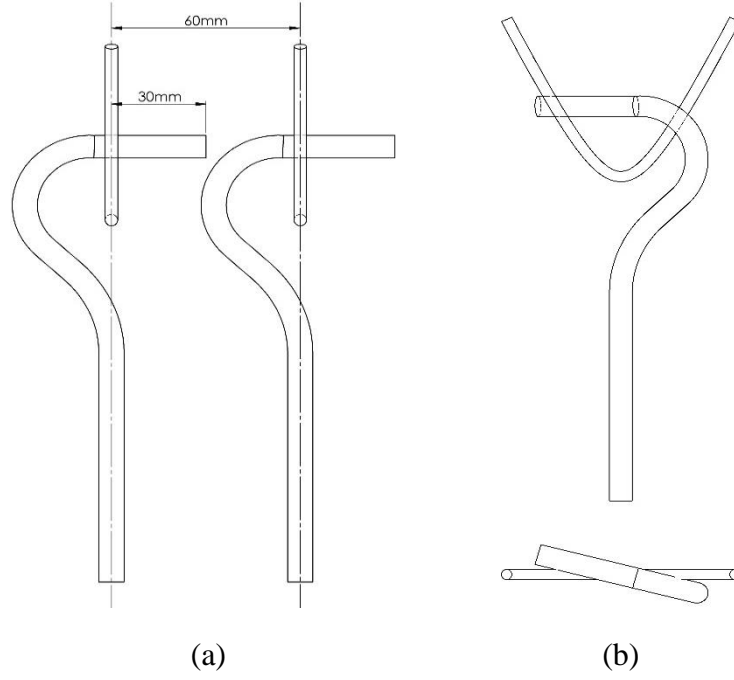
Bu bölümde, tasarımda kullanılan; pnömatik silindir, adım motoru ve yayların kritik değerleri hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak, düğüm atıcı kanca mekanizmasının düğümleme işlemini yapabilmesi için, konumlandırılması gereken en uygun yer de hesaplanmıştır. Hesaplamalar, saçakların bulunduğu kenarının uzunluğu 1 metre olan bir havluya göre yapılmıştır.

4.1 Düğüm Atıcı Kanca Mekanizmasının Konumlandırılması

Düğüm atma mekanizması, bu makine tasarımının en önemli unsurudur. Sistemin nihai amacı olan saçakların düğümlemesi işlemi, bu kısım ile gerçekleştirilir. Kanca mekanizmasının tasarımında ve konumlandırılmasında iki önemli unsur bulunur: Düğümler arası mesafe ve saçakların uzunluğu. Bu iki özelliğin tasarımda ve konumlandırmada nasıl bir etkisinin olduğu aşağıda açıklanmıştır.

4.1.1 Düğümler Arası Mesafe

Daha önce elle düğümlemiş havlular incelenerek, düğümler arasında 6 cm mesafe bulunmasına karar verilmiştir. Düğümler Arası Mesafe, kancaların birbirleri arasındaki mesafe ile doğrudan ilgilidir. Kancaların dönme merkezleri arasındaki uzaklık, düğümler arası 6 cm olan mesafeye eşittir. Bu nedenle de kancaların uzunluğu bu uzaklıkla sınırlıdır. Kancaların bu mesafeden daha uzun olması, dönme esnasında birbirlerine çarpmasına, daha kısa olması ise, dönme esnasında ipin yakalanamamasına ve düğümün atılmamasına neden olur. Kancaların birbirine çarpmaması için uygun kanca uzunluğu Şekil 4.1a'da görülebilmektedir. Kancanın dönme esnasında, ipi yakaladığı andaki pozisyonu ise Şekil 4.1b'de verildiği gibidir. Buraya kadar düğümler arası mesafenin doğrudan etkilerinden bahsedilmiştir; dolaylı etkileri ise aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 4.1: Kancalar ve saçaklar a) Önden görünüş, b) Kancanın kendi ekseninde dönerken saçığı yakaladığı an, yandan ve üstten görünüş.

Şekil 4.2a’da, gerilmiş halde bulunan bir düğüm demeti kadar saçığın, demet halinde bir araya getirilmeden önceki durumu görülmektedir. Şekil 4.2b’de ise saçakların, demet halinde bir araya getirildikten sonraki durumu görülmektedir. Resimden, saçığın demet halinde bir araya getirildikten sonra, iki havlu arasındaki saçak mesafesinin azaldığı açıkça görülebilmektedir. Bunun nedeni; saçak demetinin merkezine en uzakta bulunan ipin, merkeze gelene kadar aldığı yoldur. Sağ ve sol tarafta aldığı yolun toplamı kadar, saçak boylarında kısalma meydana gelmektedir. Düğümler arası mesafe ne kadar artarsa, saçaklar arası mesafe de bununla beraber azalmaktadır.



Şekil 4.2: Saçak demeti a) Demet haline getirilmeden önce, b) Demet haline getirildikten sonra.

4.1.2 Saçakların Uzunluğu

Saçak uzunluğu düğümleme işleminde önemli bir unsurdur. Saçaklarla oluşturulan parabolün uzunluğu, yüksekliği ve genişliği saçak uzunluğuna göre değişmektedir. İki havlu arasındaki saçak uzunluğu, dokuma işlemi sırasında belirlenmektedir. Bu çalışma kapsamında tasarlanan makine, saçak uzunluğu 300 mm olan havlulara göre uyarlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken, 300 mm'nin, en uzun saçak boyu olmasıdır. Saçak demetini ele alacak olursak; demetin ortasındaki ip en uzun iptir. Demetin en kenarındaki ip ise ortaya ulaşırken katettiği yol kadar kısalmaktadır. Demet haline getirilmeden önceki genişliği 60 mm olan bir saçak grubu demet haline getirildiğinde; en kenardaki ip, orta noktaya gelene kadar sol kenardan 30 mm, sağ kenardan da 30 mm olmak üzere, toplamda 60 mm kısalmaktadır. Böylece demetin en kenarındaki iplerin uzunluğu $300-60 = 240$ mm olmaktadır.

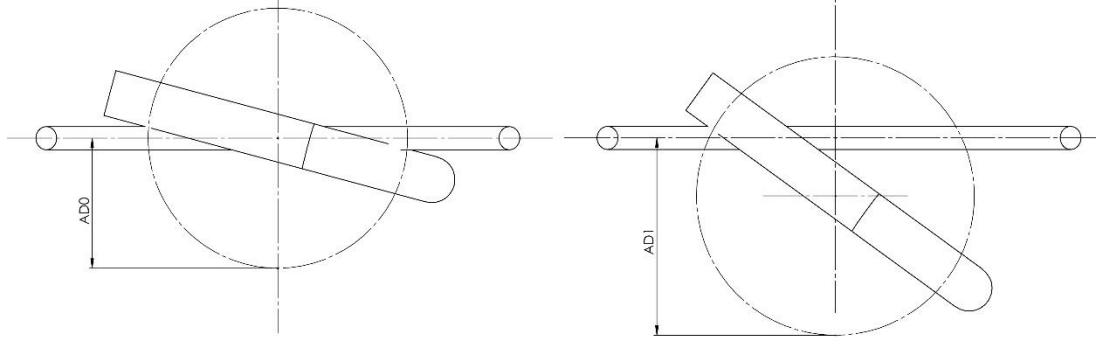
4.1.3 Saçak Genişliğinin ve Kanca Konumunun Belirlenmesi

Kanca mekanizmasının düğümü atabilmesi için saçağın oluşturduğu parabole göre belirli bir konumda durması gerekmektedir. Bu konum da birkaç değişkene bağlıdır. Bunlar; parabolün yüksekliği, uzunluğu, genişliği, kancanın yapıldığı borunun çapı, kancanın uzunluğu ve ip kesicinin genişliğidir. Bu değişkenlere göre kanca mekanizmasının konumunun hesabı, önce en uzun saçak ipi için (300 mm) daha sonra da en kısa saçak ipi için (240 mm) aşağıda yapılmıştır.

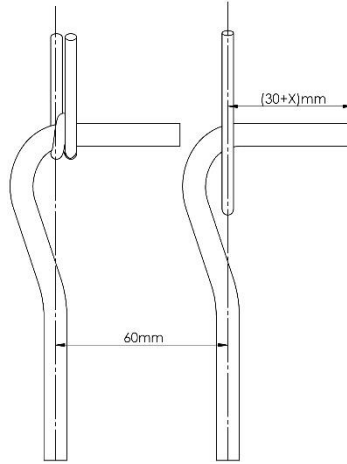
Kancaların ve saçakların düğümleme işlemi başlamadan hemen önceki konumu Şekil 4.1a' da görülmektedir. Kancaların merkezleri arasındaki mesafe 60 mm'dir. Parabolün merkezi ile kancaların merkezi aynı eksendedir. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir: Saçağın, kancanın ekseninden uzaklığı arttıkça, kancanın dönmesi esnasında, kancanın saçağa temas eden noktasının yörüngesinin çapı da artar. Şekil 4.3'te $AD_1 > AD_0$ olduğu görülebilmektedir. Bunun sonucu olarak da kanca dönerken saçağı gerdirmeye çalışır. Bundan kaçınmak için kancanın dönme eksenini saçağın merkeziyle aynı hizaya getirilmiştir.

Bir kancanın dönme merkezinden, kavrayıcının ucuna kadar olan uzantısı 30 mm'dir (Şekil 4.1a). Bu uzunluk 30 mm'den büyük olursa, düğüm çemberi kancanın

gerisinde oluşur. Çemberin kancanın gerisinde oluşması, aktif ucun çemberin içerisinden geçirilmesini zorlaştırır. Şekil 4.4'te, çemberin kancanın gerisinde olduğu durum görülebilmektedir. Bu uzunluğun 30 mm'den küçük olması ise kancanın dönerken ipi yakalayamamasına neden olmaktadır. Bu yüzden, kancanın çıkıntısı (kancanın dönme merkezinden, kavrayıcının ucuna kadar olan yeri) 30 mm olarak tasarlanmıştır.



Şekil 4.3: Kanca-saçak temas eksenini.

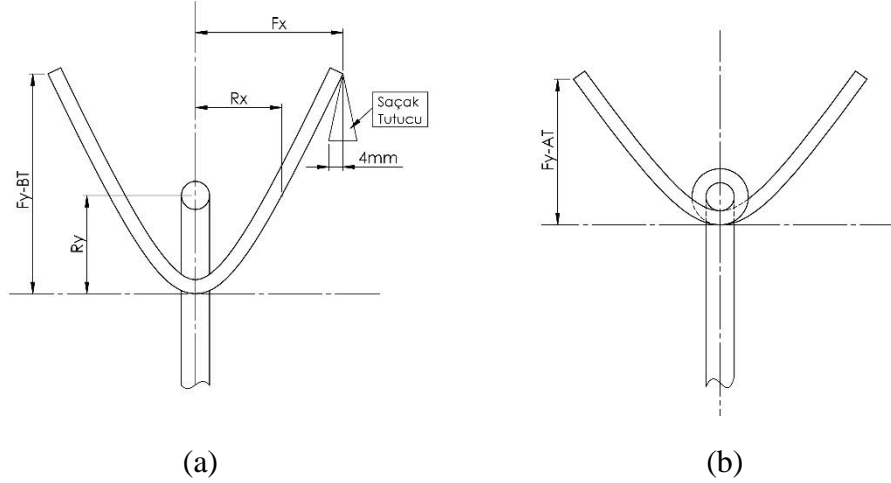


Şekil 4.4: Kancanın çıkıntısına göre çember oluşumu.

Şekil 4.5a'da düğümlenme işlemi başlamadan hemen önce, Şekil 4.5b'de ise kanca mekanizması döndükten, saçağın çember şeklini aldıktan sonraki durumu görülmektedir. Bu aşamada geriye kalan, kancanın dikey ekseninde konumunu (R_y) ve saçağın genişliğini (F_x) hesaplamaktır. Bu değerleri sınırlayan bazı durumlar vardır: Kancanın tepe noktası (kancanın yapıldığı boru çapı 8 mm'dir ve burada tepe noktasının merkezine göre işlem yapılmaktadır), Şekil 4.5b'de de görebileceği üzere saçağın en alt kısmından daha alt bir noktada olamaz. Eğer daha aşağıda olursa, kanca dönmeye başladıktan sonra saçağı gerdirip kopmasına neden olabilmektedir. Bu kısıtlama (4.1) eşitsizliği ile gösterilmektedir. Buradaki R_y ifadesi, saçağın alt

noktasından kancanın tepe noktasının merkezine olan uzaklığı belirtmektedir. $Fy-BT$ ifadesi, saçağın kancaya dolanmadan önceki yüksekliğini, $Fy-AT$ ifadesi ise saçağın kancaya dolandıktan sonraki yüksekliğini belirtmektedir.

$$Ry > Fy-BT - Fy-AT + 4 \quad (4.1)$$



Şekil 4.5: Kanca ve saçak a) Kanca döndürülmeden önce, b) Kanca döndürüldükten sonra.

Saçak genişliği, kancanın çıkıntısı ve saçak tutucunun genişliğinin toplamından daha küçük olamaz. Daha küçük olması, saçak tutucunun aşağı doğru inerken kancaya çarpmasına neden olmaktadır. Bu kısıtlama (4.2) eşitsizliği ile gösterilmektedir.

$$Fx > 30 + 4 \quad (4.2)$$

Rx değeri, kancanın çıkıntısının uzunluğundan daha büyük olamaz. Daha büyük olursa, kanca dönerken saçağa takılamaz ve böylece çember oluşturulamaz. Bu kısıtlama (4.3) eşitsizliği ile gösterilmektedir.

$$Rx < 30 \quad (4.3)$$

En uzun saçak ipinin boyu 300 mm'dir. Bu saçak ile 2 tane yan yana parabol oluşturulur. Hesaplamalar, parabolün simetrik olmasından dolayı, parabolün yarısına göre yapılmıştır. Bir parabolü oluşturan en uzun ipin boyu 150 mm yarısı ise 75 mm'dir. Kanca için uygun konumu bulabilmek için, 0'dan başlayarak 75 mm'ye kadar olan saçak genişlikleri için, (4.1) eşitsizliği kullanılarak kanca için güvenli olan Ry değeri hesaplanabilir. Daha sonra, bulunan bu değerler (4.2) ve (4.3) eşitsizliklerine göre incelenip, kanca için uygun konum aralığı bulunabilir. Ry değerini

hesaplayabilmek için (4.1) numaralı eşitsizlikteki bilinmeyenlerin bulunması gerekmektedir. İlk olarak Fx değerine göre Fy-BT değeri bulunmuştur. Bunun için, bir eğrinin yay uzunluğunu veren (4.4) eşitliği ile parabol denklemi olan (4.5) eşitliği kullanılabilir.

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx \quad (4.4)$$

$$f(x) = y = ax^2 \quad (4.5)$$

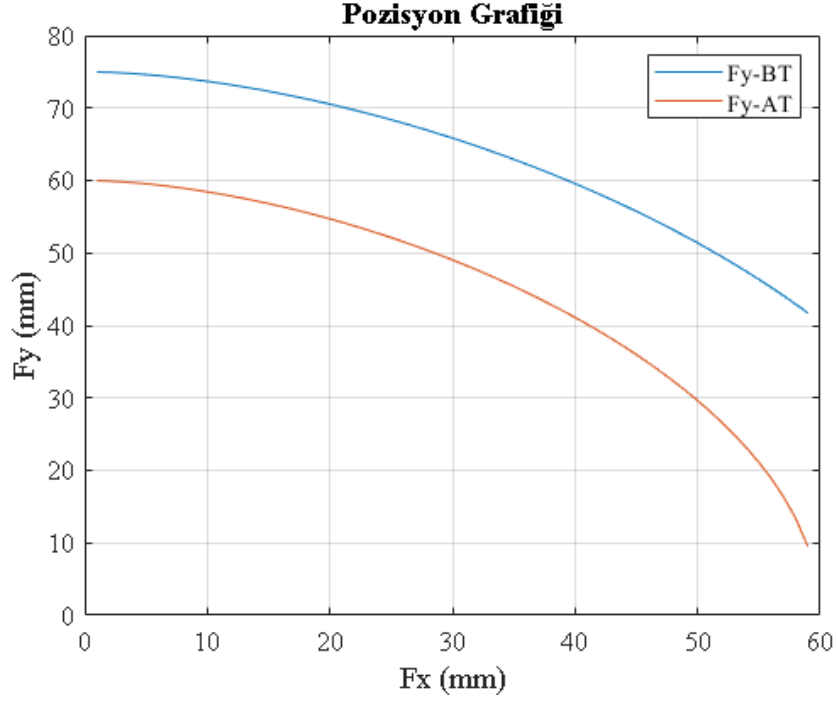
L değeri, bir parabolü oluşturan saçığın yarısının uzunluğudur. İntegralin sınırları ise; a = 0'dan başlayarak b= Fx'e kadardır. Eşitlik (4.4) ile (4.5) birleştirilerek (4.6) eşitliği bulunur.

$$75 = \int_0^{Fx} \sqrt{1 + (2aFx)^2} dx \quad (4.6)$$

Eşitlik (4.6) kullanılarak, istenilen Fx değeri için a değeri bulunabilir. Bu a değeri eşitlik (4.5)'te yerine yazılarak y değeri (Fy-BT) bulunur. Çember oluşturulduktan sonraki y değeri (Fy-AT) için ise öncelikle saçığın boyu hesaplanmalıdır. Çemberden sonraki saçığın boyu, çemberden önceki saçığın boyundan, oluşan çemberin çevresi çıkartılarak bulunabilir. Böylece çemberden sonraki boy: $150 - 2*\pi*4 = 124,87$ mm olarak bulunur. L değeri bu uzunluğun yarısıdır: $124,87 / 2 = 62,43 \cong 60$ olarak alınabilir. Bu uzunluğa göre, ikinci haldeki a değerini verecek olan (4.7) eşitliği yazılabilir.

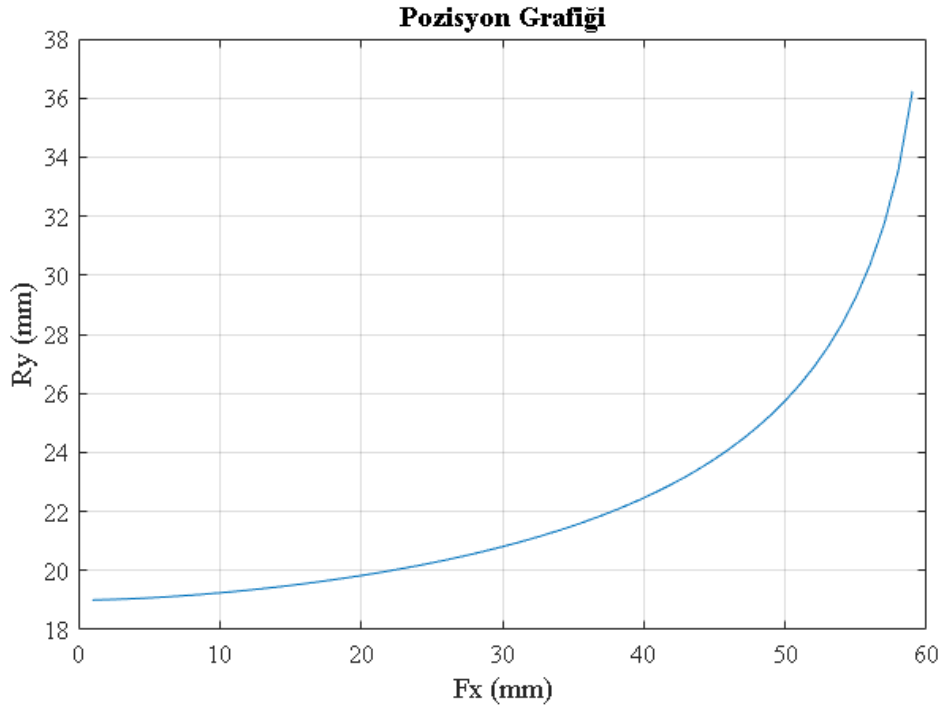
$$60 = \int_0^{Fx} \sqrt{1 + (2aFx)^2} dx \quad (4.7)$$

Fx'in 0'dan 59'a kadar olan değerlerine karşılık gelen Fy-BT ve Fy-AT değerleri için eşitlik (4.6) ile (4.7) MATLAB ile çözümlenip grafiği çizdirilmiş ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



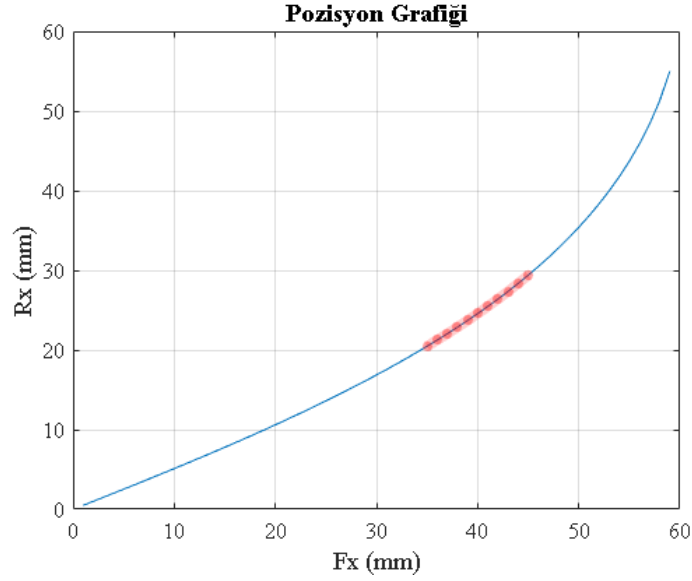
Şekil 4.6: Parabol genişlik yükseklik ilişkisi.

Bulunan Fy-AT ve Fy-BT değerleri (4.1) eşitsizliğinde yerine yazılarak, kanca için gereken en küçük Ry değerlerinin grafiği çizdirilmiş ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



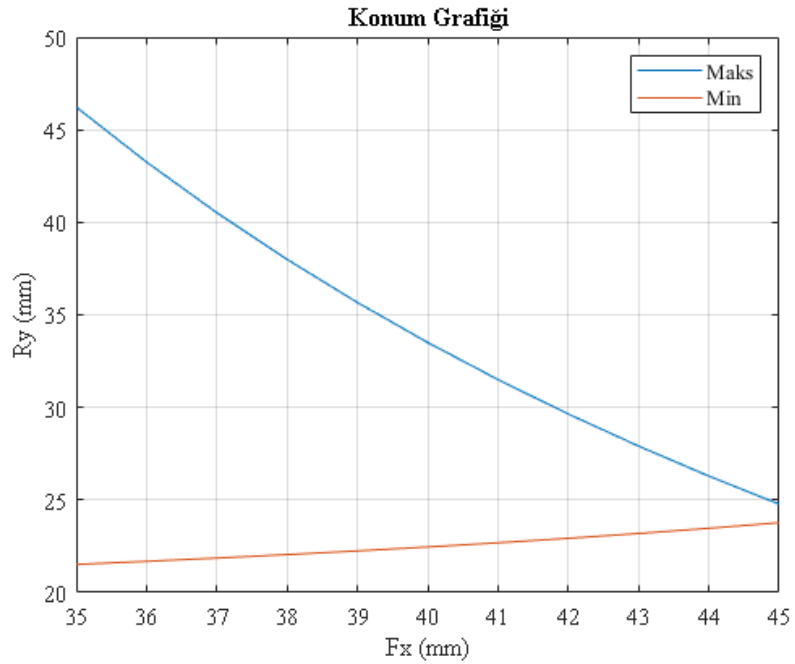
Şekil 4.7: Saçak genişliğine göre minimum kanca yükseklikleri.

Bulunan Ry ve ilk durumdaki α değerleri eşitlik (4.5)’te yerine yazılarak Rx değerlerinin grafiği çizdirilmiş ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Saçak genişliğine göre minimum kanca yüksekliklerindeki saçak konumları.

Şekil 4.8’de verilen grafikteki işaretli değerler (4.2) ve (4.3) eşitsizliklerine göre oluşturulmuş, kullanılabilir Fx değerleridir. Grafikten de görüldüğü üzere Fx değeri 35 ile 45 arasında seçilebilir. Bu aralıktaki en küçük Ry değerleri Şekil 4.7’deki grafikte görülebilmektedir. En büyük Ry değerini bulmak için ise eşitlik (4.5) kullanılarak, x yerine kanca çıkıntısının uzunluğu olan 30 mm, a yerine de (4.6) eşitliğinden bulunan değerler yazılır. Bu aralıktaki en büyük ve en küçük Ry değerleri Şekil 4.9’daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.9: Saçak genişliğine göre kancanın olabileceği maksimum ve minimum yükseklik değerleri.

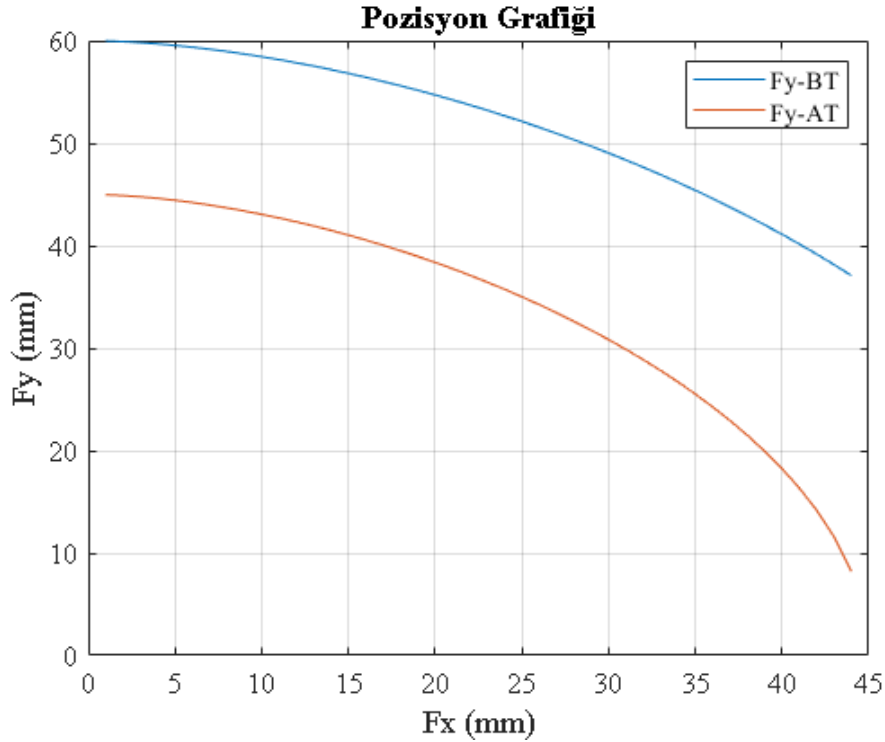
Şekil 4.9'daki grafikte iki eğri arasında kalan bölge, düğüm atılabilmesi için seçilmesi gereken saçak genişliği ve kanca yüksekliklerini göstermektedir. Ancak bu değerler en uzun saçak ipi için geçerlidir. Uzun iplerle birlikte kısa ipler de düğümleneceğinden dolayı, en kısa saçak ipi için de uygun konumların bulunması gerekmektedir. En kısa saçak ipi için (240 mm) gerekli hesaplamalar aşağıda yapılmıştır.

En kısa saçak ipi için, bir tane parabolün yarısını oluşturan ipin uzunluğu: $(240/2)/2 = 60$ mm'dir. Çember oluşturulduktan sonraki uzunluk ise: $(120 - 2 * \pi * 4)/2 = 47,43 \cong 45$ 'dir. 60 mm için eşitlik (4.8), 45 mm için ise eşitlik (4.9) yazılabilir.

$$60 = \int_0^{F_x} \sqrt{1 + (2aFx)^2} dx \quad (4.8)$$

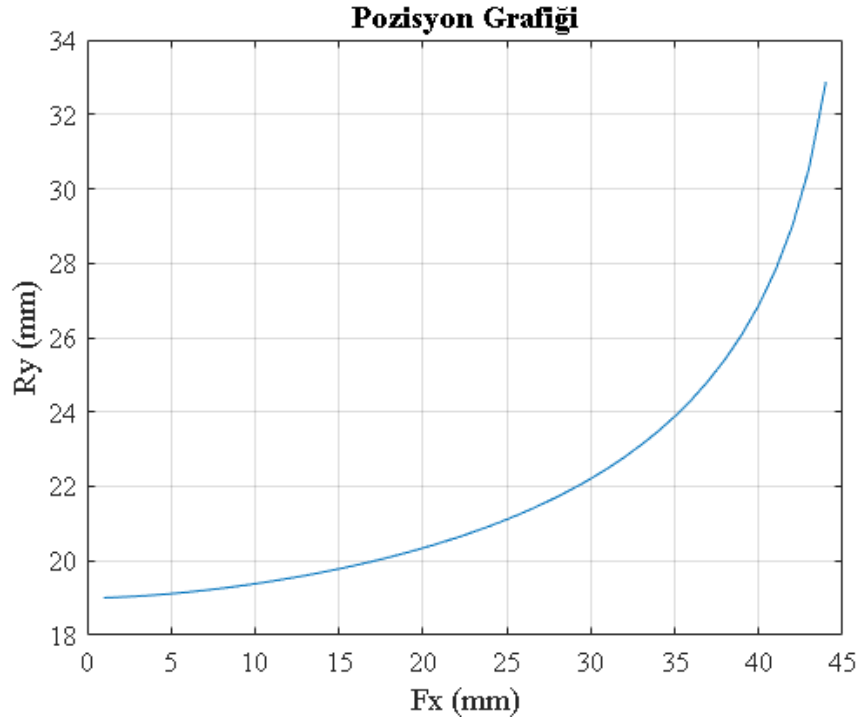
$$45 = \int_0^{F_x} \sqrt{1 + (2aFx)^2} dx \quad (4.9)$$

F_x 'in 0'dan 44'a kadar olan değerlerine karşılık gelen F_y -BT ve F_y -AT değerlerinin grafiği Şekil 4.10'da çizdirilmiştir.



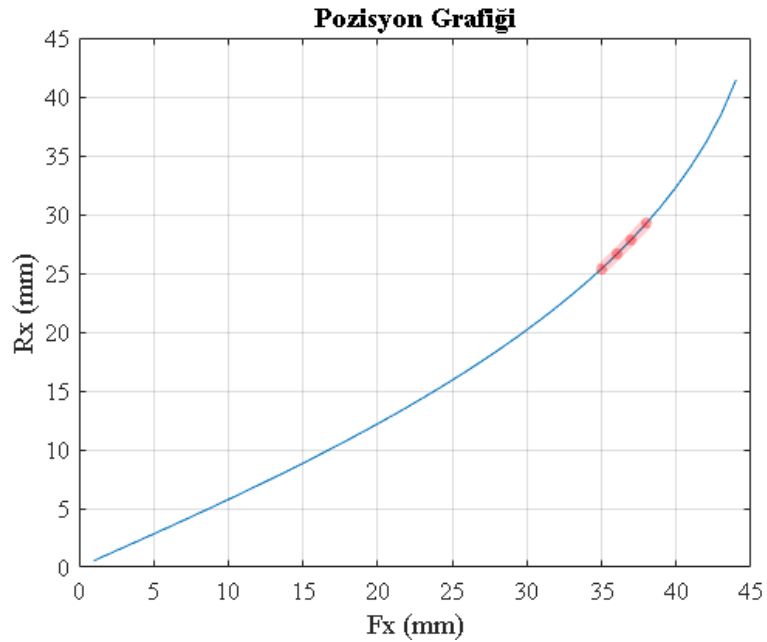
Şekil 4.10: Kısa ip için parabol genişlik yükseklik ilişkisi.

Bulunan F_y -AT ve F_y -BT değerlerinin, (4.1) eğitsizliğinde yerine yazılarak hesaplanan, kanca için en kuuk R_y değerlerinin grafiği Şekil 4.11’de görülmektedir.



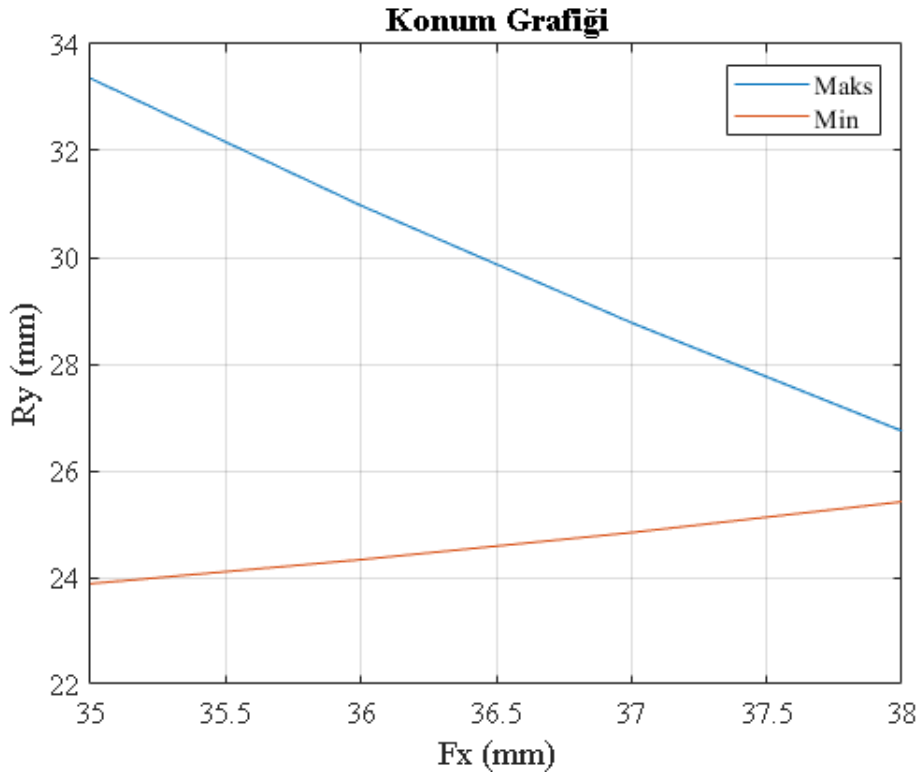
Şekil 4.11: Kısa ip için saçak genişliğine göre minimum kanca yükseklikleri.

Bulunan R_y değerlerini ve ilk durumdaki a değerlerini (4.5) eğitliğinde yerine yazarak, R_x değerlerinin grafiği çizdirilmiş ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12: Kısa ip için, saçak genişliğine göre minimum kanca ykseklilerindeki saçak konumları.

Şekil 4.12’de verilen grafikteki işaretli değerler (4.2) ve (4.3) eşitsizliklerine göre oluşturulmuş, kullanılabilir F_x değerleridir. Grafikte de görüldüğü üzere F_x değeri, 35 ile 38 arasında seçilebilir. Bu aralıktaki en küçük R_y değerleri Şekil 4.11’deki grafikte görülebilmektedir. En büyük R_y değerini bulmak için ise eşitlik (4.5) kullanılarak, x yerine kanca çıkıntısının uzunluğu olan 30 mm, a yerine de (4.6) eşitliğinden bulunan değerler yazılır. Bu aralıktaki en büyük ve en küçük R_y değerleri Şekil 4.13’teki grafikte gösterilmiştir.

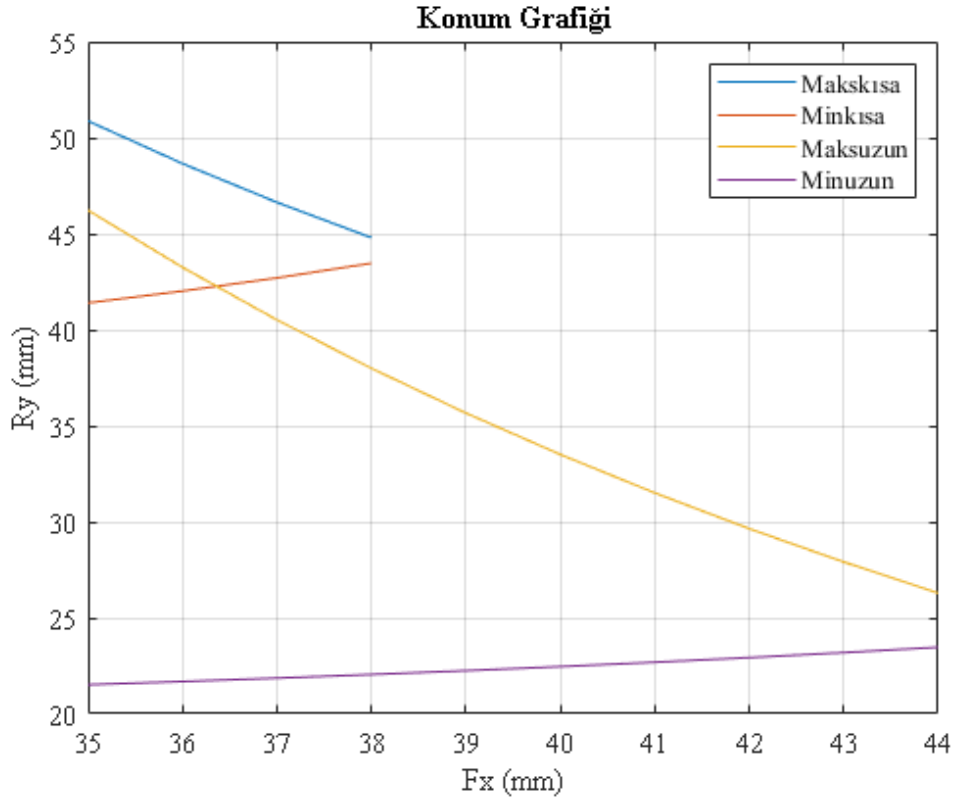


Şekil 4.13: Kısa ip için, saçak genişliğine göre kancanın olabileceği maksimum ve minimum yükseklik değerleri.

Şekil 4.13’teki grafikte iki eğri arasında kalan bölge, en kısa saçak ipine düğüm atılabilmesi için seçilmesi gereken, saçak genişliği ve kanca yüksekliklerini göstermektedir. Şekil 4.14’te, en uzun saçak ipi için bulunan bkz. Şekil 4.9’deki grafik ile bu grafik birleştirilmiştir. Bunun için öncelikle, ikinci grafik ilk grafiğe uygun hale getirilmiştir. Bu grafikteki R_y değeri; en kısa saçak ipi için, çemberden önceki parabolün taban noktasından itibaren olan uzaklıktır. İlk grafikteki R_y değeri ise; en uzun saçak ipi için, çemberden önceki parabolün taban noktasından itibaren olan uzaklıktır (bkz. Şekil 4.5a). Kısa ipin parabolünün taban noktası ile uzun ipin parabolünün taban noktası arasındaki fark, Şekil 4.13’te verilen grafikteki R_y

değerlerine eklenmiştir. Böylelikle iki grafik birlikte incelenebilmektedir. Bu fark, eşitlik (4.10) kullanılarak hesaplanabilir.

$$Ry_{fark} = Fy-BT_{uzun} - Fy-BT_{kısa} \quad (4.10)$$



Şekil 4.14: En kısa ve en uzun ipler için, saçak genişliğine göre kancanın olabileceği maksimum ve minimum yükseklik değerleri

Düğüm atılabilmesi için; en kısa ve en uzun ipe göre uygun olan saçak genişliği ve kanca yüksekliği, Şekil 4.14'te verilen grafikte görülebilmektedir. İkisine göre ortak olan yer, Maksuzun ile Minkısa eğrileri arasında kalan bölgedir. Kenar noktalara yaklaşılmadan, bu bölgenin orta noktasından yapılacak olan seçim, düğümleme işlemi için uygun olacaktır. Grafiğe göre bu nokta Fx için 35,5 mm, Ry için ise 43,5 mm olarak seçilebilir.

4.2 Yay Hesabı

Makinede iki farklı yay kullanılmaktadır. Bu iki yayın bir tanesi çekme yayı diğeri ise baskı yayıdır. Çekme yayı, bkz. Şekil 2.6'da gösterildiği gibi havlunun gerdirilmesi için kullanılmaktadır. Baskı yayı ise bkz. Şekil 2.7'de gösterildiği gibi, havlunun hizalandığı kılavuz mekanizmasının, havlunun tutulmadığı zamanlarda, yukarda tutulması için kullanılmaktadır. Bu iki yayın, belirli bir yay kuvvetini ve boyutsal özelliği karşılması beklenmektedir. Bu istenilen özelliklere göre yay seçimi, aşağıda yapılmıştır. Yay hesabında Hooke yasasından (4.11) yararlanılmıştır.

$$F(\text{yay kuvveti}) = k(\text{yay rijitliği}) \cdot x(\text{strok}) \quad (4.11)$$

Yayın mukavemet hesabında denklem (4.12) – (4.14) kullanılmıştır.

$$\frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{2C + 1}{2C} \cdot K_c \leq \tau_{em} = (0,45 \dots 0,50) \cdot R_m \quad (4.12)$$

Yay indeksi C denklem (4.13) ile hesaplanır.

$$C = \frac{D (\text{yay sarım çapı})}{d (\text{tel çapı})} \quad (4.13)$$

Gerilme yığılması faktörü K_c denklem (4.14) ile hesaplanır.

$$K_c = \frac{2C(4C + 2)}{(4C - 3)(2C + 1)} \quad (4.14)$$

Yayın şekil değiştirme hesaplarında denklem (4.15) – (4.16) kullanılmıştır. Yayın açık haldeki uzunluğu L için denklem (4.15)'den yararlanılmıştır.

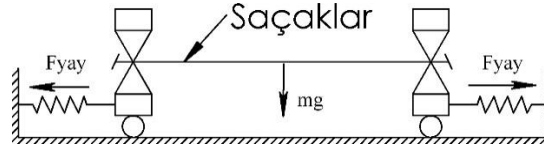
$$L = \pi \cdot D \cdot N(\text{sarım sayısı}) \quad (4.15)$$

Yay rijitliği denklem (4.16) ile hesaplanır.

$$k = \frac{d^4 \cdot G (\text{kayma modülü})}{8 \cdot D^3 \cdot N} \quad (4.16)$$

4.2.1 Çekme Yayı

Çekme yayından, havluyu gerdirmek için minimum kuvvet uygulaması beklenmektedir. Havlunun gergin durması yeterlidir. Gerekenden fazla kuvvet uygulanırsa, havluya zarar verilebilir. Havluyu tutan düzenek, lineer yataklı rulman üzerinde hareket etmektedir. Lineer rulman ile ray arasındaki sürtünme ihmal edilebilir. Havluyu gerdirmek için yeterli kuvvet, Şekil 4.15'te verilen serbest cisim diyagramında görüldüğü gibi, havlunun saçaklarının ağırlığıyla ilgilidir.



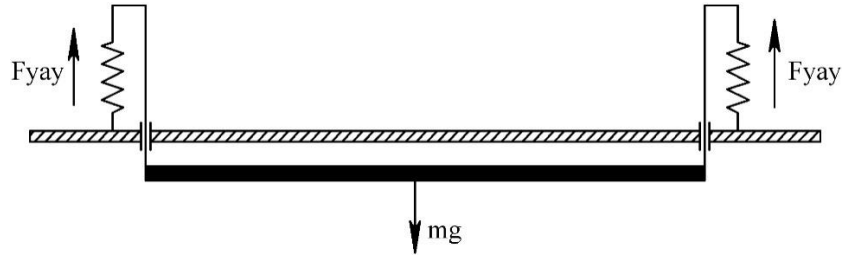
Şekil 4.15: Çekme yayı serbest cisim diyagramı.

Bu tez kapsamında ele alınan havlunun saçakları, 36,9 Tex numara ipliklerden oluşmaktadır. Tex değeri, 1000 metre ipin gram cinsinden değerini vermektedir. Tez kapsamında ele alınan havlunun 1 metre kenarında 3000 tane saçak ipi bulunmaktadır. Her bir saçak ipi 300 mm'dir. Toplamda, 900 metre uzunluğunda saçak ipi bulunmaktadır. Bu uzunluktaki saçak ipleri 33 gram gelmektedir. Havluyu dört tarafından çeken dört tane çekme yayı vardır. Yaylar, saçaklar gergin hale geldiğinde 10 mm açılacak şekilde yerleştirilmiştir. Yaylar bu konumdayken; her biri eşdeğer, yay rijitliği 0,5 N/mm olacak şekilde dört tane yay kullanılması durumunda, eşitlik (4.11) ile bulunan 10 N büyüklüğündeki yay kuvveti (F_{yay}) saçaklara etkimektedir. 10 N büyüklüğündeki bu kuvvet, 33 gram ağırlığındaki saçakları gerdirmek için yeterli olmaktadır.

Mekanizmanın boyutsal özellikleri dikkate alındığında, yayın çap sınırlaması ile boy sınırlaması bulunmamaktadır. Yayın strok boyu ise bkz. Şekil 2.6'da görüldüğü üzere, TS silindirlerinin strok boyu ile aynı olacak şekilde 80 mm olmalıdır. Yaya etkiyecek en büyük kuvvet, 80 mm uzatıldığında oluşmaktadır. Denklem (4.11) ile bu strok sonundaki kuvvet 40 N olarak bulunur. Tel sarım çapı 12 mm, tel çapı 1,4 mm ve tel malzemesi için 55Si7 çeliği seçilirse, 40 N için denklem (4.12) – (4.14) yardımıyla $516 < 585 \text{ N/mm}^2$ olduğu için emniyetli olarak bulunur. Açık haldeki tel uzunluğu 1650 mm olarak seçilirse, 0,5 N/mm yay rijitliği için denklem (4.15) – (4.16) yardımıyla, sarım sayısı 44 olarak bulunur.

4.2.2 Baskı Yayı

Baskı yayı, bkz. Şekil 2.8a'da görüldüğü üzere kılavuz çubuk mekanizmasının ağırlığını kaldırabilmelidir. Şekil 4.16'da serbest cisim diyagramı verilen yayların taşıdığı yük, 5x5 mm kare çubuğun ağırlığıdır. Sade karbonlu çelikten olan çubuk, 1 metre havlu kenarı için uygun uzunlukta seçilirse, yaklaşık 250 gr gelmektedir. Yay rijitliği 1 N/mm olan iki tane paralel yay kullanılması durumunda, eşitlik (4.11) ile bu yük altındaki yayların kapanma miktarı, 1,25 mm olarak bulunur. Bu kapanma miktarı, mekanizma için uygundur. Yay, boyutsal olarak da mekanizmaya uygun olmalıdır. Ayrıca, gereğinden fazla sert olmamalıdır ki TH silindirleri yayı kapatabilmelidir.



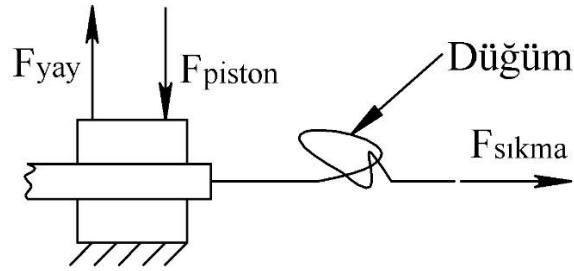
Şekil 4.16: Baskı yayı serbest cisim diyagramı.

Mekanizmanın boyutsal özellikleri dikkate alındığında, yayın serbest haldeki boyu 25 mm, strok boyu 10 mm olmalıdır. Yayın sarım çapı 10 mm'ye kadar seçilebilir. Yaya etkiyecek en büyük kuvvet, 10 mm sıkıştırıldığında oluşmaktadır. Denklem (4.11) ile bu strok sonundaki kuvvet 10 N olarak bulunur. Tel sarım çapı 6 mm, tel çapı 0,7 mm ve tel malzemesi için 55Si7 çeliği seçilirse, 10 N için denklem (4.12) – (4.14) yardımıyla $516 < 585 \text{ N/mm}^2$ olduğu için emniyetli olarak bulunur. Açık haldeki tel uzunluğu 200 mm olarak seçilirse, 1 N/mm yay rijitliği için denklem (4.15) – (4.16) yardımıyla, sarım sayısı 11 olarak bulunur.

4.3 Pnömatik Silindir Hesaplamaları

Makinede 22 tane pnömatik silindir kullanılmıştır. Bu silindirlerden, havlu tutucu mekanizmada 4 tane; havlu gerdirici mekanizmada 2 tane; saçak ayırıcı düzeneğin x,y,z eksenlerinde 2'şer tane; saçakları kesmek için 2 tane; kesici mekanizmayı hareket ettirmek için 2 tane; düğüm atma mekanizmasının x,y eksenlerinde 2'şer tane ve saçak kavrayıcı mekanizmada 2 tane kullanılmaktadır. Silindirler toplamda 10 farklı işlevde kullanılmaktadır.

Havlu tutucu mekanizmasında kullanılan; TH-l-1, TH-l-2, TH-r-1 ve TH-r-2 silindirleri birbiriyle özdeştir. İki tanesi sol taraftaki havluyu iki tanesi de sağ taraftaki havluyu tutmak için kullanılmaktadır. Havlu, iki tane dikdörtgen profil tarafından sıkıştırılır. Böylece havlunun, profiller ile kendi arasında olan sürtünmeden dolayı kaymaması sağlanır. Sürtünme; ipin cinsine, iplik numarasına, büküm sayısına vs. gibi çeşitli nedenlere bağlı olarak değişmektedir (Altaş ve Kadoğlu 2009). Bu çalışmada en düşük iplik metal arası dinamik sürtünme katsayısı 0.22 en büyüğü ise 0,28 olarak bulunmuştur. Statik sürtünme katsayısı bu değerden biraz daha büyük bir değerdedir.



Şekil 4.17: Havlu tutucu serbest cisim diyagramı.

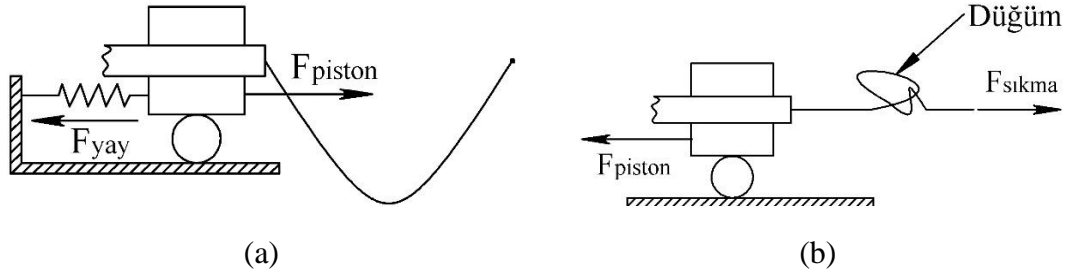
Tutulan havluyu, yerinden hareket ettirebilecek en büyük kuvvet, Şekil 4.17’de görüldüğü gibi düğümler sıkılırken uygulanmaktadır. Rodrigues ve diğ. (2014), düğüm sıkma kuvvetleri üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmadan yola çıkarak, her bir düğümün 10 N büyüklüğündeki kuvvetle sıkılması istenmektedir. Bir metre kenar uzunluğuna sahip bir havlu 6 cm aralıklarla düğümlenirse, 17 adet düğüme sahip olmaktadır. Toplam sıkma kuvveti ($F_{sıkma}$) 17 tane düğüm için 170 N olmaktadır. Havlu ile profiller arasındaki statik sürtünme katsayısı (μ) 0,25 olarak alınmıştır. Sürtünme kuvvetinin (f_s) bulunmasında denklem (4.17) kullanılmaktadır.

$$f_s = \mu \cdot n \quad (4.17)$$

170 N ile çekilen havlunun, profillerin arasından kaymaması için denklem (4.17) ile bulunan 680 N kuvvet ($n \cdot F_{piston}$) ile sıkıştırılması gerekmektedir. Burada iki tane pnömatik silindir kullanıldığından, her bir silindirin bu kuvvetin yarısı olan 340 N kuvvet uygulaması yeterlidir. Buradaki silindirler çekme doğrultusunda havluyu sıkıştıracağı için, 340 N çekme kuvveti olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca burada kullanılan baskı yayları da pistonlara ters kuvvet uygulamaktadır. İki tane birbirine paralel baskı yayınının 10 mm sıkışmada uyguladığı toplam kuvvet (F_{yay}), eşitlik (4.11) ile 20 N olarak bulunur. Bir silindire düşen kuvvet ise 10 N’dur. Sonuç olarak, 340 N

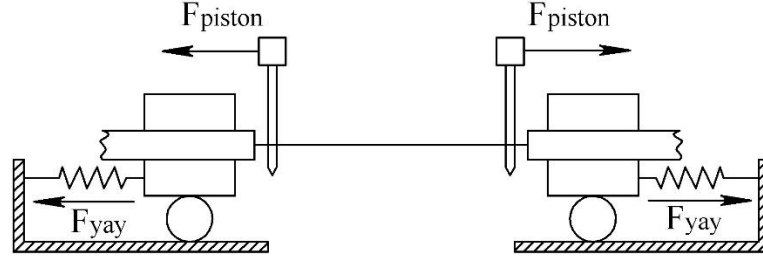
ile 10 N toplamından 350 N çekme kuvvetli, çift etkili ve strok boyu 30 – 70 mm arası olan bir silindir, mekanizmada kullanılmak için uygundur.

Havlu gerdirici olarak çalışan TS-l ve TS-r silindirleri birbiriyle özdeşdir. Bir tanesi sol taraftaki havlu, diğeri ise sağ taraftaki havlu için aynı görevde kullanılmaktadır. Bu silindirler; Şekil 4.18.a'da görüldüğü üzere saçakları gevşetmek ve Şekil 4.18.b'de görüldüğü gibi düğümleri sıkıkmak için kullanılır. Düğümler sıkılırken itme kuvveti, saçaklar gevşetilirken ise çekme kuvveti uygulanır. İtme kuvveti olarak, saçak düğümlerinin her birinin 10 N kuvvetle sıkılması istenmektedir. Bir metre genişliğindeki bir havlu ele alındığında, 17 adet düğüm için 170 N toplam kuvvet gerekmektedir. Çekme kuvveti ise sistemde kullanılan çekme yayını açtırmak için uygulanmaktadır. Bir silindir, paralel bağlanmış 2 özdeş yaya karşı, kuvvet uygulamaktadır. Silindirin pistonu, saçakları gevşetmek için geri hareket ettiğinde, yaylar 80 mm strok yapmaktadır. Yay sabiti 0,5 N/mm'dir. Böylece iki yayın, silindire karşı uyguladığı toplam kuvvet, eşitlik (4.11) yardımıyla 80 N olarak bulunur. Sonuç olarak çift etkili silindirin itme kuvveti en az 170 N, çekme kuvveti ise en az 80 N olmalıdır. Strok boyu ise 80 mm olmalıdır.



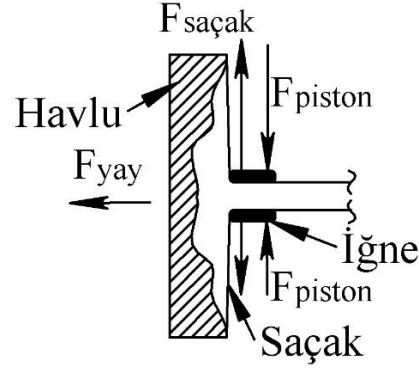
Şekil 4.18: Havlu gerdirici serbest cisim diyagramı a) Saçak gevşetme, b) Düğüm sıkma.

FM-l-y ve FM-r-y silindirleri de özdeş silindirlerdir. Bu silindirler itme yönünde çalışırken önemli bir ters kuvvetle karşılaşmazlar. Çekme yönünde çalışırken ise Şekil 4.19'da görüldüğü gibi, yay kuvvetinden kaynaklı bir ters kuvvete maruz kalırlar. Silindirin pistonu, geri yönde son konumuna geldiğinde, saçak boyu 60 mm kısalmır. Bir taraf için 30 mm olan bu kısalma ile birlikte, önceden 10 mm gerilmiş olan çekme yayı toplamda 40 mm gerilmiş olur. Yayların bu konumda uyguladığı kuvvet eşitlik (4.11) yardımıyla 40 N olarak bulunur. Çift etkili silindir için 120 mm strok boyu ile birlikte minimum 40 N çekme kuvveti gerekmektedir.



Şekil 4.19: Saçak ayırıcı serbest cisim diyagramı.

FM-l-z ve FM-r-z silindirleri özdeştir. Bu silindirlere etkiyen harici bir dış kuvvet bulunmamaktadır. Silindirler sadece, bkz. Şekil 2.4'te görüldüğü üzere bağlı olduğu saçak ayırıcı mekanizmanın ağırlığına karşı iş yapmaktadır. Solidworks kütle özelliklerinden, mekanizmanın ağırlığı yaklaşık olarak 1,5 kg görülmektedir. Çift etkili silindirlerin çekme kuvveti minimum 15 N, strok boyu ise 80 mm olmalıdır.



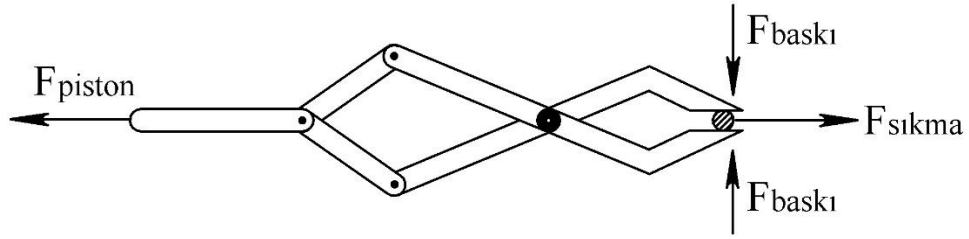
Şekil 4.20: Saçak ayırıcı serbest cisim diyagramı.

FM-l-x ile FM-r-x silindirleri de özdeş silindirlerdir. Bu silindirlere, Şekil 4.20'de görüldüğü gibi saçaklar tarafından ters kuvvet uygulanmaktadır. Bu kuvvet, mekanizmadaki çekme yaylarından dolayı oluşmaktadır. Şekil 4.18'de serbest cisim diyagramı verilen FM-l-y ve FM-r-y silindirleri tarafından 40 mm gerilen çekme yayı, yukarıda hesaplandığı gibi 40 N büyüklüğünde bir F_{yay} kuvveti oluşturur. Saçak ayırıcı iğnelerin havlunun kenarına kadar geldiği bu konumda, saçaklar ile iğneler arasında 90^0 açı oluşmaktadır. Böylece F_{yay} kuvveti saçaklar aracılığıyla doğrudan iğnelere etki etmektedir. Dolayısıyla 40 N olarak hesaplanan F_{yay} kuvveti için, silindirlerin çekme kuvveti en az 40 N olmalıdır. Çift etkili silindirin strok boyu ise 30 mm (bir saçak demeti genişliğinin yarısı) olmalıdır.

C-z-1 ve C-z-2 silindirleri özdeştir. Bu silindirlere etkiyen harici bir dış kuvvet bulunmamaktadır. Silindirler, bkz. Şekil 2.9'da görüldüğü üzere sadece, bağlı olduğu saçak kesici mekanizmanın ağırlığına karşı iş yapmaktadır. Solidworks kütle

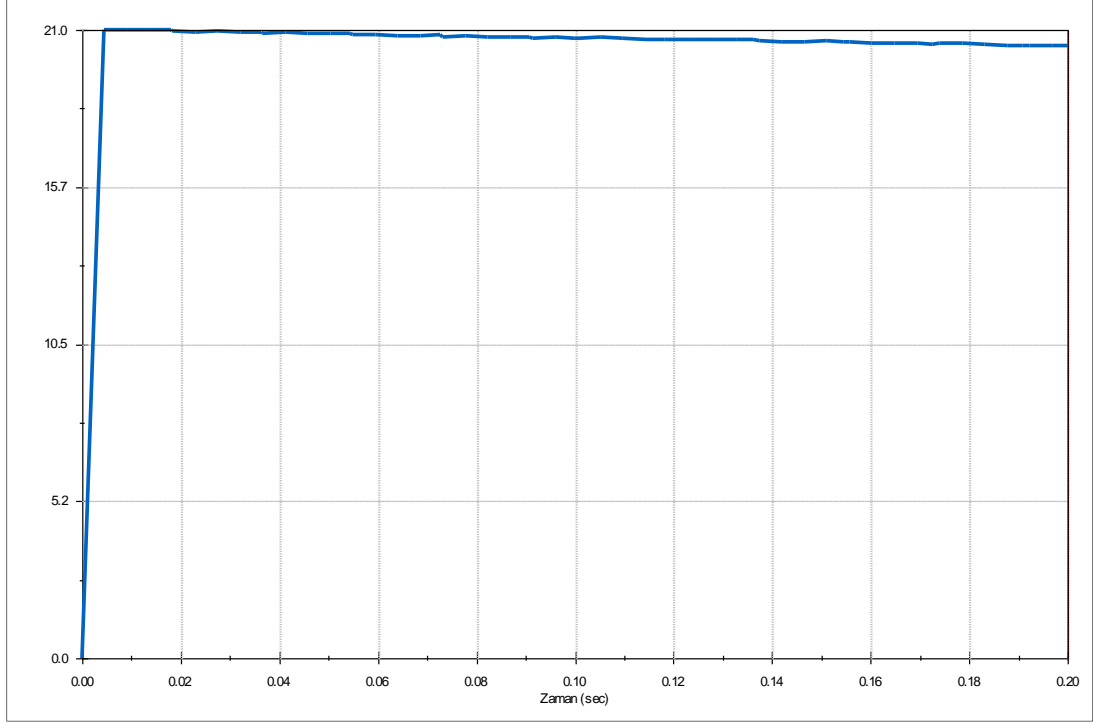
özelliklerinden, mekanizmanın ağırlığı yaklaşık olarak 7 kg görülmektedir. Bu iki silindir paralel çalıştığı için, bir tane silindir yükün yarısını kaldırmaktadır. Çift etkili silindirlerin itme kuvveti minimum 35 N, strok boyu ise 80 mm olmalıdır.

K-l-y ve K-r-y silindirleri de özdeş silindirlerdir. Şekil 4.18.b’de verilen serbest cisim diyagramındaki $F_{sıkma}$ kuvveti, bu silindirler ile sağlanmaktadır. Düğüm sıkma işleminde görev alan bu silindirler, bu işlem sırasında karşılıklı çalışacakları TS-l ve TS-r silindirleri ile aynı kuvvete sahip olmalıdır. Çift etkili silindirler için 170 N itme kuvveti ve 70 mm strok boyu yeterli olmaktadır.



Şekil 4.21: Saçak kavrama mekanizması serbest cisim diyagramı.

RH-l ile RH-r silindirleri özdeş silindirlerdir. Silindirlerin, ip kavrayıcı mekanizmanın çenelerine, Şekil 4.21’de görüldüğü üzere ipin kurtulamayacağı kadar büyüklükte bir kuvvet iletmesi gerekmektedir. İpin kurtulması yönünde uygulanan en büyük kuvveti düğümün sıkılması esnasında ortaya çıkmaktadır. Düğümler, 10 N büyüklüğünde bir kuvvet ile sıkıldığından dolayı, bu kuvvet altında iplerin, kavrayıcının çenelerinin arasından kurtulmaması gerekmektedir. Havlu tutucu silindir hesabında, 0,25 olarak kabul edilen, metal ile ip arasındaki sürtünme katsayısı burada da kullanılabilir. İpin kaymaması için gereken baskı kuvveti, denklem (4.17) ile 40 N olarak bulunur. Çenelerin, saçakları 40 N büyüklüğündeki kuvvetle sıkılması için, çeneleri hareket ettiren tele uygulanması gereken kuvvet, Solidworks programının hareket analizi modülü ile bulunmuştur. Solidworks’ ün hareket analizinde, mekanizma 40 N ile tahrik edildiğinde, bir tane çenenin ipe uyguladığı kuvvet Şekil 4.22’de görülmektedir. Mekanizma, kuvvetten kazanç prensibiyle çalışmaktadır ve uygulanan 40 N yeterli bir kuvvettir. Bir düğüm için gereken 40 N büyüklüğündeki bu kuvvet, bir metre havlu kenarındaki 17 düğüm için ise toplamda 680 N olmaktadır. Böylece, 680 N büyüklüğünde çekme kuvvetine sahip, 5 mm stroklu, çift etkili bir silindirin mekanizmada kullanılması uygun olacaktır.



Şekil 4.22: Kavrama mekanizması çene kuvvet grafiği.

CFS ve CSS silindirleri özdeş silindirlerdir. Saçakları kesme işleminde kullanılan bu silindirlerin kesici plakalara, saçakları kesebilecek kadar bir kuvvet iletmeleri gerekmektedir. Messiry ve Tarfawy (2020), yaptıkları çalışmada farklı iplikler üzerinde deneysel çalışmalar sonucunda kesim kuvvetlerini bulmuşlardır. Bu çalışmada bulunan verilerden, bu tez ile ilgili olanları Tablo 4.1’de verilmiştir. Bu tez kapsamında ele alınan havluların saçakları %100 pamuk ve 36.9 Tex numara ipliklerden oluşmaktadır. Tablo 4.1’de verilere göre, 36.9 Tex numara iplik için gereken kesme kuvveti, denklem (4.18)’de verilen doğrusal interpolasyon yöntemi ile hesaplanabilir.

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (4.18)$$

Denklem (4.18) ve Tablo 4.1’deki veriler kullanılarak, 36.9 Tex numaralı tek bir tane iplik için gereken kesme kuvveti 3.16 cN olarak bulunur. Bu tez kapsamında ele alınan havlunun 1 metre kenarında 3000 tane saçak ipi bulunmaktadır. Bu sayıdaki ipi kesmek için gereken toplam kesme kuvveti ise $9480 \text{ cN} = 94.8 \text{ N} \cong 100 \text{ N}$ olarak bulunur. Böylece en az 100 N büyüklüğünde çekme kuvvetine sahip, 10 mm stroklu, çift etkili bir silindirin mekanizmada kullanılması uygun olacaktır.

Tablo 4.1: İplik kesme kuvvetleri.

İplik Materyali	İplik Numarası (Tex)	Kesme Kuvveti (cN)
100% Pamuk	49.17	3.53
100% Pamuk	29.5	2.94

Düğüm atıcı kancalar, adım motorları ile döndürülmektedir. Kancalar, kendileri için uygun konum seçildiğinden dolayı, dönme esnasında veya sonrasında saçaklar tarafından herhangi bir ters kuvvete maruz kalmamaktadırlar. Adım motoru sadece, atalet ve sürtünme kuvvetlerine karşı iş yapmaktadır. Ancak, mekanizma yüksek ivmelerde çalışmadığı için ve ayrıca lineer yataklı rulmanlardan dolayı önemli derecede sürtünme kuvvetlerine maruz kalınmayacağından, bu değerler ihmal edilebilir. Piyasada bulunan 9 kg/cm tork değerine sahip bir adım motor, bu mekanizmada kullanmak için uygundur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezin amacı, havluların kenarlarındaki saçakları bağlayan bir makine geliştirmektir. Bu makineden, insan eli ile yapıldığında çok vakit alan ve düzensiz olan bu işlemi, çok daha kısa sürelerde ve daha düzgün bir şekilde yapması beklenmektedir.

Makinenin tasarımında başlangıç olarak, Overhand Knot şeklinde düğüm atabilen bir mekanizma seçildi. Baston şeklinde bükülmüş olan bir boru ve ucuna monte edilmiş ip kavrayıcı bir düzenekten oluşan bu mekanizma, tasarım gereksinimleri doğrultusunda uygun aralıklarla çoğaltıldı. İki havlu kenarının da aynı anda bağlanabilmesi için, bu mekanizmaların tam karşısına aynı sayıda mekanizma konumlandırıldı. Havluları tutabilmek için havlu tutucu mekanizma tasarlandı. Saçakları, düğüm atan mekanizmaların aralıklarına uygun şekilde, demetler haline getirecek olan saçak ayırıcı düzenek tasarlandı. İki havlu arasındaki saçakları orta noktalarından kesmek için bir kesici düzenek tasarlandı. Tüm bu bileşenler, bilgisayar destekli bir tasarım programı olan SolidWorks programı üzerinde oluşturulduktan sonra, bir makine gövdesi üzerinde konumlandırılarak makine tasarımı gerçekleştirildi.

Düğüm atan mekanizmaların, havlunun tutulduğu konuma göre en uygun yere konumlandırılabilmesi için, gerekli denklemler MATLAB programı tarafından çözüldü. Makinede kullanılan pnömatik silindirler, yaylar ve adım motorları gibi bileşenlerin, tasarım gereksinimlerine göre gerekli değerleri hesaplandı. Bazı hesaplamalarda SolidWorks programının hareket analizi özelliğinden yararlanıldı.

Makinede kullanılan adım motorları ile pnömatik silindirlerin kontrol edilebilmesi için, otomasyon cihazı olarak PLC tercih edildi. PLC için gerekli yazılım için Winproladder programı kullanıldı. SolidWorks programının temel hareket özelliği kullanılarak makinenin çalışması simüle edildi. Simülasyon süresince alınan ekran görüntüleri de kullanılarak, makinenin çalışma prensibi adım adım açıklandı.

Yapılan makine tasarımıyla; top halinde bulunan, birbirlerine saçaklarla bağlı olan iki ayrı havlu birbirinden ayrılarak, iki havlunun da kesilen saçakları bir seferde bağlanır. İşlem bitiminde operatör, iki kenarı da bağlanan havluyu (diğer kenarı bir önceki döngüde bağlanan) alarak sıradaki havluları, bağlanabilmesi için makine

üzerine yerleştirir. Bu işlem döngüler halinde devam eder. İleri yapılacak olan çalışmalarda operatör ihtiyacı ortadan kaldırılarak; döngü sonunda, sıradaki havluları makineye besleyecek yeni bir mekanizma tasarlanabilir. Böylelikle üretimin, operatör müdahalesi için durmasına gerek kalmadan, sürekli olarak devam etmesi sağlanabilir.

Literatür özetinden, farklı amaçlar için tasarlanmış çok sayıda ip bağlama mekanizmasının tasarlandığı görülmüştür. Ancak bu tezde konu alınan, havlu kenarı saçaklarının demetler halinde alınarak, ilave ip kullanmadan bir seferde bağlanması çalışmasına açık literatürde rastlanmamıştır. Teze konu olan tasarımın üretimi halinde, havlu üreticilerine iş yükü ve maliyet açısından büyük kolaylıklar getireceği beklenmektedir.

6. KAYNAKLAR

Adamides, A., *Knots: An Illustrated Practical Guide to the Essential Knot Types and Their Uses*, London: Arcturus, (2007).

Alnema, Y. H. S., Ahmed, M. A. and Venn, S., “Theoretical Smart Design and Control for an Atruamatic Grasper”, *International Journal of Engineering & Technology Sciences*, 7(3.20), 941-945, (2018).

Altaş, S. and Kadoğlu H., “İplik-İplik ve İplik-Metal Sürtünme Katsayısı ile Bazı İplik Özellikleri Arasındaki İlişki”, *Tekstil ve Mühendis*, 16(74), (2009).

Aniş, P., “Havlü Kumaşlarda dokuma strüktürünün bilgisayarda modellenerek, kumaş özelliklerine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (1989).

Arnold, C. W., “Fringe Knotting Machine”, United States Patent 586,413 A, (1897).

Ashley, C. W. and Budworth, G. (eds.), *The Ashley Book of Knots*, London: Faber and Faber, (1993).

Avery, D. E., *The New Encyclopedia of Knots*, London: Brockhampton Press, (2014).

Bell, M. and Balkcom, D., “Knot Tying with Single Piece Fixtures”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Pasadena CA USA, (2008).

Bell, M. P., Wang, W., Kunzika J. and Balkcom D., “Knot-Tying With Four-Piece Fixtures”, *The International Journal of Robotics Research*, 33(11), 1481-1489, (2014).

Benson, S. P., “Knot Tying Surgical Needle Driver”, United States Patent 9.451,947 B2, (2016).

Card, J. L., Passons, W. E. and Richmond, F. M., “Fringe Knot Tying Machine”, United States Patent 3,486,780 A, (1969).

Fatek., “FATEK FBs-24MA Series Manuals [online]”, (23 Ağustos 2021), <https://www.manualslib.com/products/Fatek-Fbs-24ma-Series-1165132.html>

Feighery, J. M., “Knot-Tying Device for Fringes”, United States Patent 3,490,801 A, (1970).

Findley, G. L., *Rope Works Plus*, South Carolina: Booksurge, (2007).

Gao, Q., Wang, X. and Yin, J., “Design Method and Test Research of D-Knotter Based on Rigid-flexible Contact Dynamics”, *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, Harbin China, (2016).

Grove, C., “Knot Tying [online]”, (21 Mayıs 2021), <https://www.youtube.com/watch?v=F-qF3NiHK0Y>, (2016).

He, L., Zhang, Q. and Charvet, H. J., “A Knot-Tying End-Effector for Robotic Hop Twining”, *Biosystems Engineering*, 114(3), 344–350, (2013).

He, L., Zhang, Q., Du, X., Luo, R. and Karkee, M., “A Twining Robot for High-Trellis String Tying in Hops Production”, *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 55(5), 1667-1673, (2012).

Hines, R. S., “Bimini Twist Knot Tying Device”, United States Patent 7,334,822 B1, (2008).

Jochum, W., “Knot Tying Tool”, United States Patent 7,419,195 B1, (2008).

Keser, F., “Havlu Dokuma [online]”, (21 Mayıs 2021), <https://www.derstekstil.name.tr/havlu-dokuma.html>, (2016).

Kudoh, S., Gomi, T., Katano, R., Tomizawa, T. and Suehiro, T., “In-air Knotting of Rope by a Dual-arm Multi-finger Robot”, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Hamburg Germany, (2015).

Mashhour, A., “Knot Tying Tool”, United States Patent 10,010,062 B2, (2018).

Meng, Y., Chen, H., Liang, Y., Qin, J., Zhao, Q. and Wei, J., “Research on Innovative Design of A New Rope Knotter”, *Advances in Mechanical Engineering*, 11(9), SagePublishing, doi:10.1177/1687814019878320, (2019).

Messiry, M. E. and Tarfawy, S. E., “Effect of Weave Structure on the Slicing Cut Resistance of Woven Fabrics”, *Textile Research Journal*, 90(13-14), 1477-1494, (2020).

Muneta, A., Wakamatsu, H., Morinaga, E. and Arai, E., “Development of a Tying Tool to Bind a Wire Harness: —Implementation of Tying a Clove Hitch—”, *Journal of the Robotics Society of Japan*, 37(1), 73-80, (2019).

Neuhofer, S., Wieser, K., Lajtai, G., Müller, D., Gerber, C. and Meyer, D. C., “Surgical knot tightening: how much pull is necessary?”, *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 22, 2849–2855, (2014).

Ohnishi, K., Miyagawa, H. and Kitamura, R., “Development of a Robotic Digit Joint Mechanism for Knot Tying Task”, *ROMAN IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, Nashville TN USA, (2005).

Özin, M. C., Vatansever, E., Eray, T., Koç, İ. M. and Sümer, B., “Analytical and Experimental Analysis on Kinetics of a Laparoscopic Surgery Tool”, *International Conference on Mechatronics Systems and Control Engineering ICMSCE*, Kayseri, 20-23, (2017).

Richmond, F. M., “Fringe Knot Tying Machine”, United States Patent 6,578,883 B2, (2003).

Rodrigues, S. P., Horeman, T., Dankelman, J., Dobbelsteen, J. J. V. D., Jansen, F. W., “Tying Different Knots: What Forces Do We Use?”, *Surgical Endoscopy*, 29(7), SpringerLink, DOI:10.1007/s00464-014-3898-7, (2014).

Seo, A., Takizawa, M., Kudoh, S. and Suehiro, T., “Study on Tying of A Deformable Band-Shaped Object by A Dual Arm Robot”, *IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*, Paris France, (2019).

Sherry, J. E., “Rope Knot Terms [online]”, (21 Mayis 2021), https://www.netknots.com/rope_knots/rope-knot-terms, (2016).

Singhatat, W., “Intracorporeal Knot Tier”, United States Patent 6,716,224 B2, (2004).

Thomas, J. D. and Jenkins, R. S., “Automatic Knot Tying Machine”, United States Patent 6,641,181 B2, (2003).

Vinh, T. V., Tomizawa, T., Kudoh, S. and Suehiro, T., “Knotting Task Execution Based A Hand-Rope Relation”, *Advanced Robotics*, 31(11), Taylor and Francis Online, doi:10.1080/01691864.2017.1289119, (2017).

Wang, W. and Balkcom, D., “Tying Knot Precisely”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Stockholm Sweden, (2016).

Wang, W., Bell, M. P. and Balkcom, D., “Towards Arranging and Tightening Knots and Unknots With Fixtures”, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 12(4), 1318-1331, (2015).

Watanabe, T., Matsuno, T., Shirakawa, T. and Minami, M., “String Tying Operation by Industrial Manipulator Based on Shape Abstracted Data”, *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)*, Takamatsu, (2017).

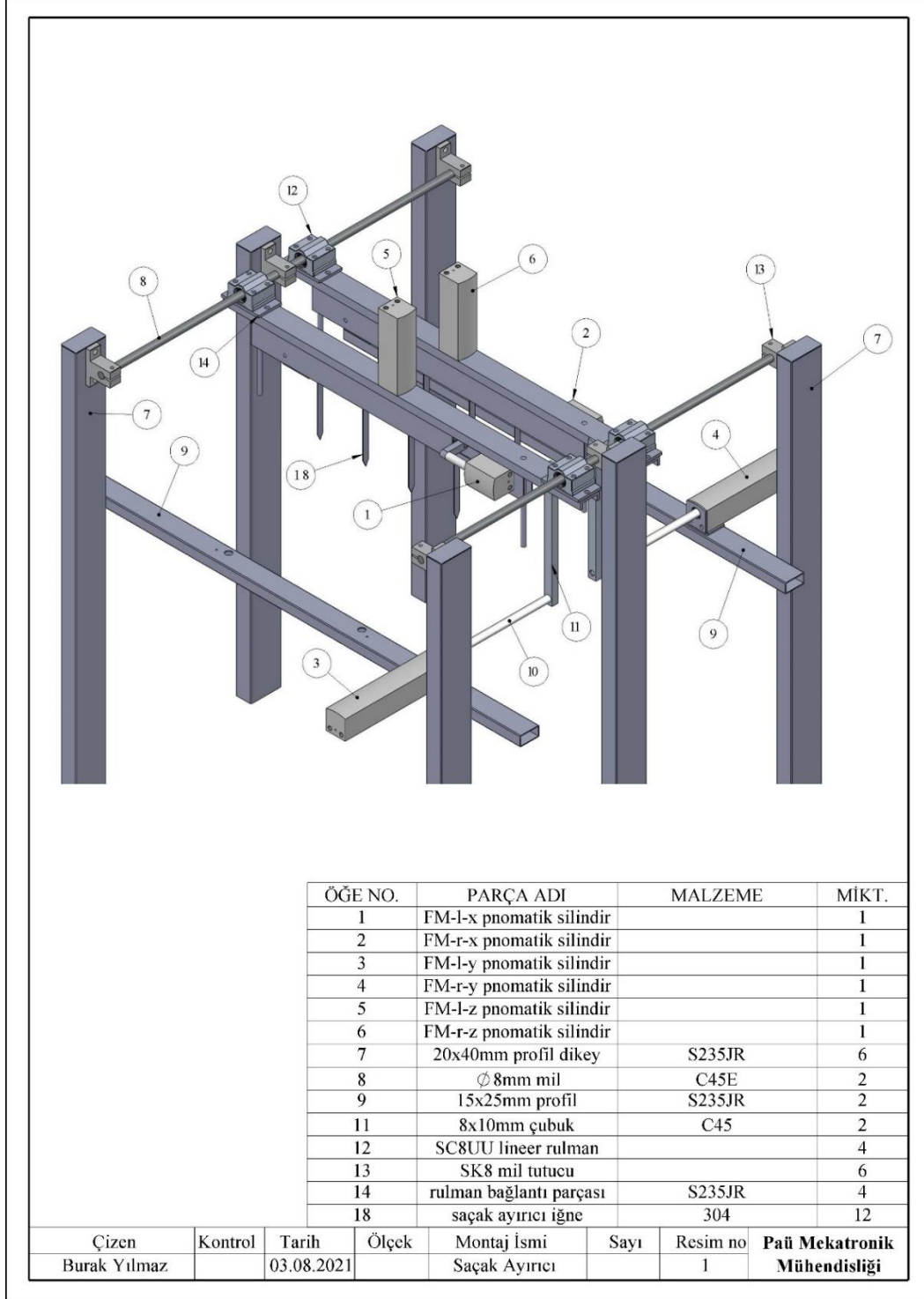
Xiao, J., Yang, Y. and Wang, Z., “Trajectory Planning of Knot-tying Manipulation in Surgery”, *Applied Mechanics and Materials*, 190-191, 752-757, (2012).

Yamakawa, Y., Namiki A., Ishikawa M. and Shimojo, M., “Planning of Knotting Based on Manipulation Skills with Consideration of Robot Mechanism/Motion and Its Realization by a Robot Hand System”, *Symmetry*, 9(9), 194, (2017).

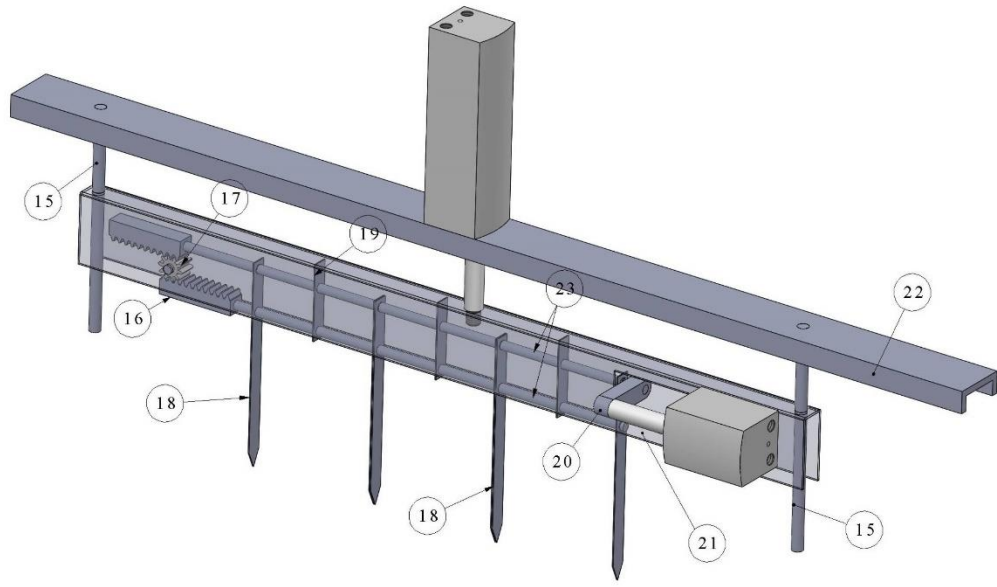
EKLER

7. EKLER

EK A Montaj Resimleri



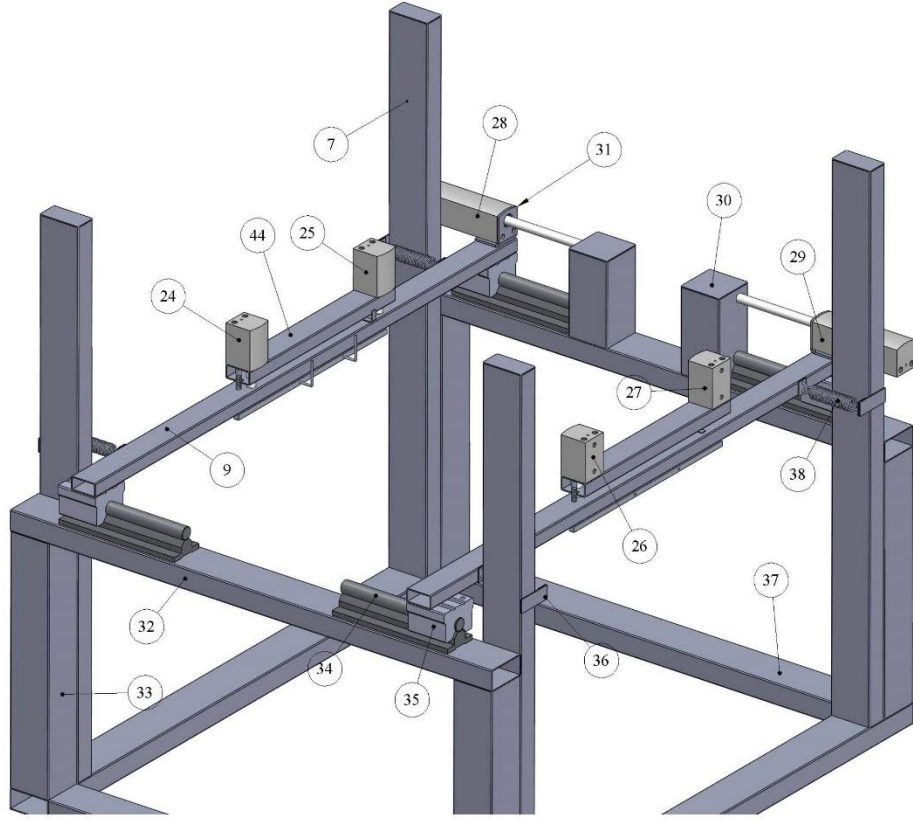
Şekil A.1: Saçak ayırıcı.



ÖĞE NO.	PARÇA ADI	MALZEME	MİKT.
15	Ø 5mm çubuk	304	2
16	kremayer dişli	C45	2
17	pinyon dişli	C45	1
18	saçak ayırıcı iğne	304	6
19	kılavuz plaka	S235JR	3
20	piston mil ara parça	S235JR	1
21	15x40mm profil	S235JR	1
22	15x30mm U profil	S235JR	1
23	Ø 4mm çubuk	304	2

Çizen	Kontrol	Tarih	Ölçek	Montaj İsmi	Sayı	Resim no	Paü Mekatronik Mühendisliği
Burak Yılmaz		03.08.2021		Saçak Ayırıcı		2	

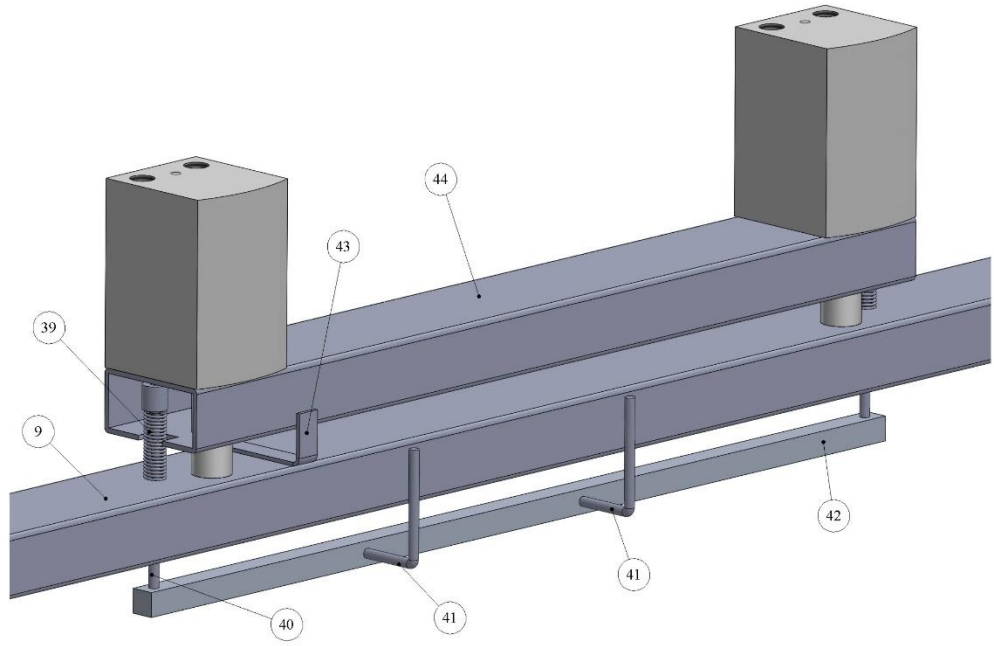
Şekil A.2: Saçak ayırıcı.



ÖGE NO.	PARÇA ADI	MALZEME	MİKT.
7	20x40mm profil dikey	S235JR	6
9	15x25mm profil	S235JR	2
24	TH-l-1 pnomatik silindir		1
25	TH-l-2 pnomatik silindir		1
26	TH-r-1 pnomatik silindir		1
27	TH-r-2 pnomatik silindir		1
28	TS-l pnomatik silindir		1
29	TS-r pnomatik silindir		1
30	40x40mm profil	S235JR	2
31	pnomatik silindir bağlantı parçası	S235JR	2
32	20x40mm profil uzun	S235JR	2
33	40x40mm profil	S235JR	4
34	SBR12UU lineer ray		4
35	SBR12UU lineer rulman		4
36	yay bağlantı parçası	S235JR	4
37	20x40mm profil kısa	S235JR	2
38	çekme yayı	55S17	4
44	15x25mm profil kısa	S235JR	2

Çizen	Kontrol	Tarih	Ölçek	Montaj İsmi	Sayı	Resim no	Paü Mekanik Mühendisliği
Burak Yılmaz		03.08.2021		Havlu Tutucu		3	

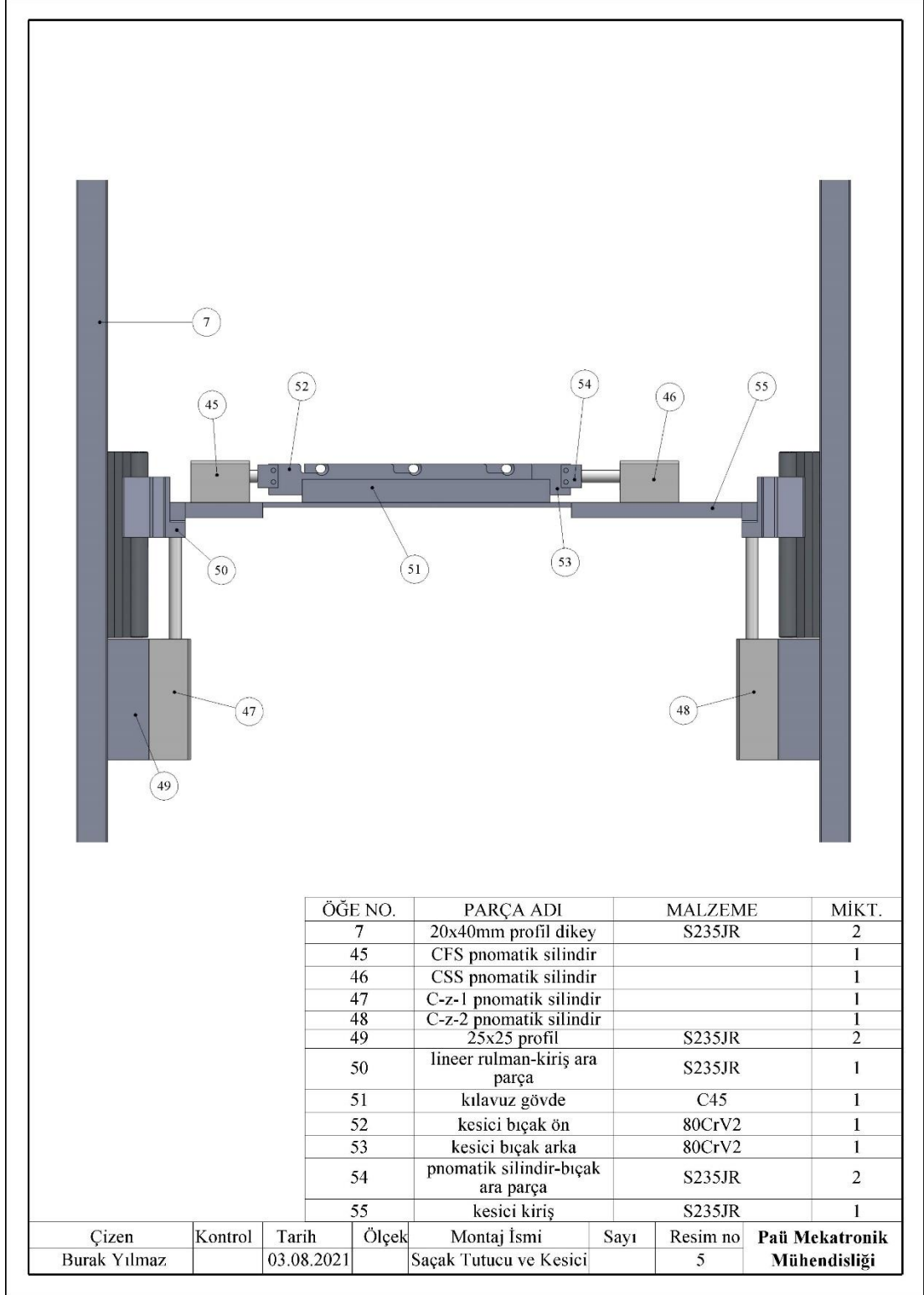
Şekil A.3: Havlu tutucu.



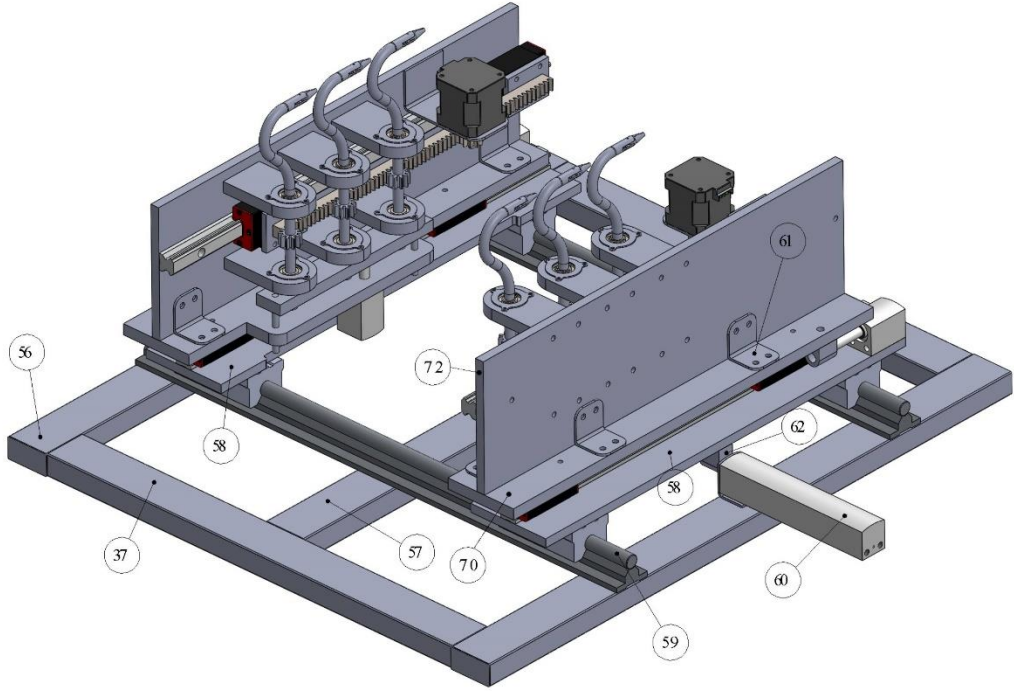
ÖĞE NO.	PARÇA ADI	MALZEME	MİKT.
9	15x25mm profil	S235JR	1
39	baskı yayı	55Si7	2
40	Ø2mm çubuk	304	2
41	Ø2mm bükülü çubuk	304	2
42	5x5mm çubuk	C45	1
43	havlu kılavuz parçası	S235JR	1
44	15x25mm profil kısa	S235JR	1

Çizen	Kontrol	Tarih	Ölçek	Montaj İsmi	Sayı	Resim no	Paü Mekanik Mühendisliği
Burak Yılmaz		03.08.2021		Havlu Tutucu		4	

Şekil A.4: Havlu tutucu.



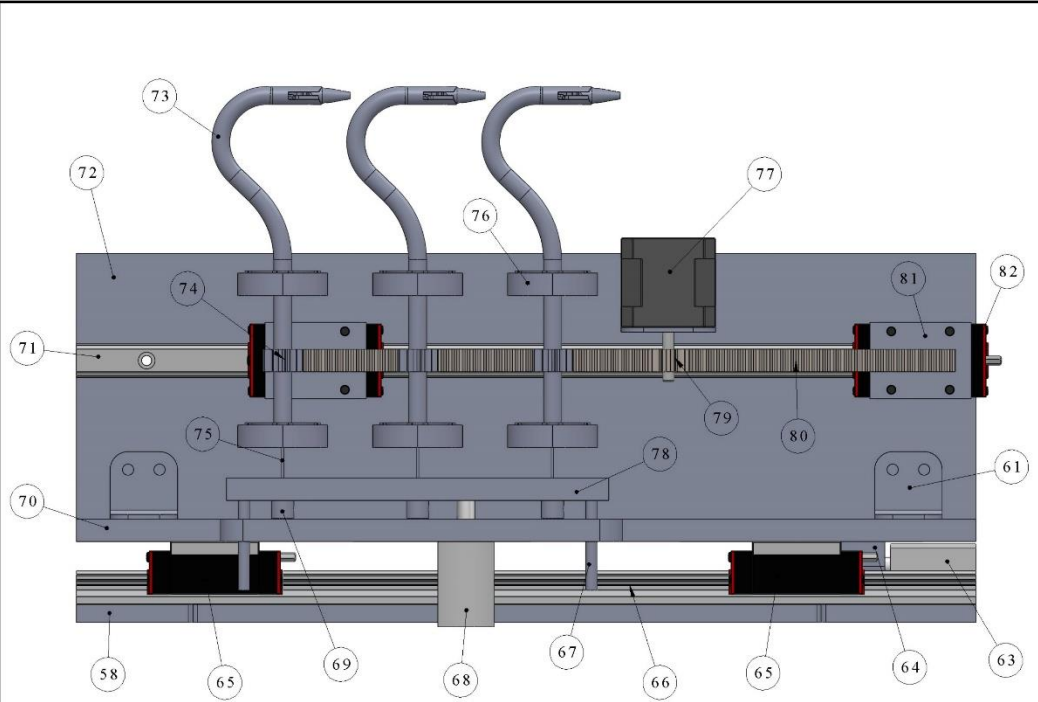
Şekil A.5: Saçak tutucu ve kesici.



ÖĞE NO.	PARÇA ADI	MALZEME	MİKT.
37	20x40mm profil kısa	S235JR	2
56	20x40mm uzun taban profili	S235JR	2
57	20x40mm profil kısa	S235JR	1
58	alt plaka	S235JR	2
59	SBR12UU lineer ray		2
60	K-r-y pnmatik silindir		1
61	destek parçası	S235JR	8
62	pnmatik silindir-alt plaka ara parça	S235JR	2
70	yatay plaka	S235JR	2
72	dikey plaka	S235JR	2

Çizen	Kontrol	Tarih	Ölçek	Montaj İsmi	Sayı	Resim no	Paü Mekatronik Mühendisliği
Burak Yılmaz		03.08.2021		Düğüm Atıcı		6	

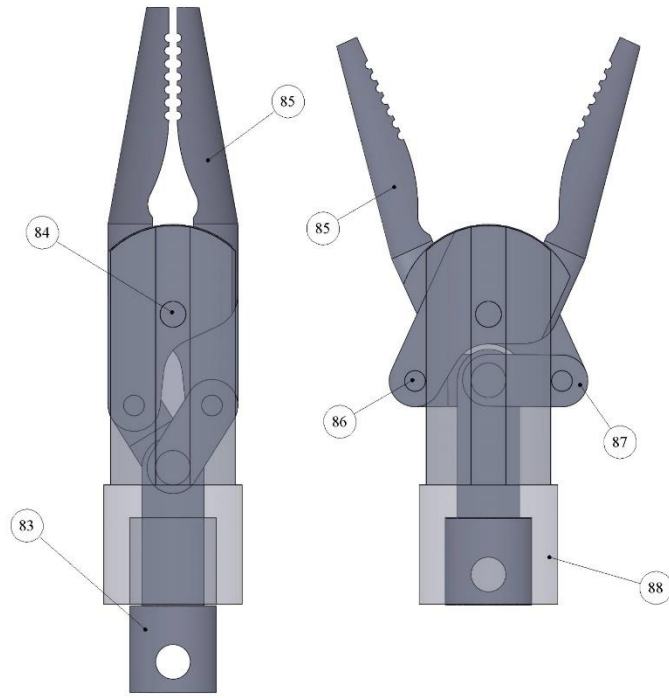
Şekil A.6: Düğüm atıcı.



ÖĞE NO.	PARÇA ADI	MALZEME	MİKT.
58	alt plaka	S235JR	1
61	destek parçası	S235JR	2
63	K-I-x pnomatik silindir		1
64	pnomatik silindir-yatay plaka ara parça	S235JR	1
65	15mm lineer araba		2
66	15mm kılavuz ray		1
67	Ø5mm çubuk	304	2
68	RH-I pnomatik silindir		1
69	tel tutucu	S235JR	3
70	yatay plaka	S235JR	1
71	kılavuz ray		1
72	dikey plaka	S235JR	1
73	kanca	304	3
74	pinyon dişli	C45	3
75	Ø1mm tel	304	3
76	yatak gövdesi	S235JR	6
77	step motor		1
78	tel plakası	S235JR	1
79	pinyon dişli	C45	1
80	kremayer dişli	C45	1
81	lineer araba-kremayer dişli ara parça	S235JR	4
82	lineer araba		2

Çizen	Kontrol	Tarih	Ölçek	Montaj İsmi	Sayı	Resim no	Paü Mekatronik Mühendisliği
Burak Yılmaz		03.08.2021		Düğüm Atıcı		7	

Şekil A.7: Düğüm atıcı.



ÖĞE NO.	PARÇA ADI	MALZEME	MİKT.
83	tel bağlantı parçası	S235JR	1
84	sabitleyici pim	304	1
85	kavrayıcı çene	304	2
86	hareketli pim	304	2
87	kuvvet aktarıcı	304	2
88	gövde	304	1

Çizen	Kontrol	Tarih	Ölçek	Montaj İsmi	Sayı	Resim no	Paü Mekanik Mühendisliği
Burak Yılmaz		03.08.2021		Saçak Kavrama Mekanizması		8	

Şekil A.8: Saçak kavrama mekanizması.