

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SEPET YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Safa HAMZAOĞLU

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SEPET YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Safa HAMZAOĞLU
(518111033)**

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. S. Murat YEŞİLOĞLU

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 518111033 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Safa HAMZAOĞLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. S. Murat YEŞİLOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat ERGENÇ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Yaprak YALÇIN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Özgür Turay KAYMAKÇI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Türker TÜRKER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Aralık 2014
Savunma Tarihi : 22 Ocak 2015

Aileme,

ÖNSÖZ

Çalışma boyunca bilgi ve deneyimlerini tüm samimiyetiyle paylaşan ve tezin yürütülmesinde yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli eş danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat ERGENÇ'e, danışmanım Yrd. Doç. Dr. S. Murat YEŞİLOĞLU'na ve ELOTES Mühendislik firması çalışanlarından Özkan ÇAKIR, Muhammet KARAMAN ve Gürhan AKSOY'a ve firmasının tüm desteğini bana sağladığından dolayı ELOTES Mühendislik şirketinin sahibi Ahmet Cemal ÖZKAN beye ve ayrıca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme fiili ve manevi katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ocak 2015

Safa HAMZAOĞLU
(Mekatronik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Paketleme Makinaları	1
1.2 Literatürdeki Yapılan Paketleme Makinası Çalışmaları.....	8
1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	9
2. SEPET YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASININ	
ELEMANLARI.....	11
2.1 Sensörler	11
2.1.1 Fotoelektrik sensör	12
2.1.2 Endüktif sensör	13
2.1.3 Seviye limit sensörü	14
2.1.4 Isıl çift (Termokupl)	16
2.2 PLC	16
2.3 Aktüatörler	22
2.3.1 Elektriksel aktüatörler	23
2.3.2 Hidrolik aktüatörler	26
2.3.3 Pnömatik aktüatörler	27
2.4 Taşıma Sistemi	30
2.5 Şase ve Kaynak Yöntemi.....	33
2.6 Nozul	35
2.7 Robot Kolları.....	37
3. SEPET YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASI ÇALIŞMA	
PRENSİBİ	41
3.1 Sepet Yıkama	42
3.2 Salamura Dolum.....	48
3.3 Hata Analizi	59
3.4 Yazılım Mantığı	64
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
4.1 Sonuçlar	71
4.2 Öneriler	73
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ	81

KISALTMALAR

CPU	: Merkezi İşlemci Ünitesi
BRIC	: Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin
MIST	: Meksika, Endonezya, G.Kore, Türkiye
DC	: Önemsiz
CIP	: Yerinde Temizleme
HTEA	: Hata Türleri ve Etkileri Analizi
RÖS	: Risk Öncelik Sayısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Aktüatör Çeşitlerinin Karşılaştırılması	30
Çizelge 2.2 : 316 Kalite Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Bileşenleri	34
Çizelge 2.3 : 316 Kalite Çeliğin Mekanik Özellikleri	34
Çizelge 2.4 : Nozul Parametreleri	36
Çizelge 2.5 : Harf Kodlarına Karşılık Gelen Nozul Açıları	36
Çizelge 3.1 : Hata Türü ve Etkileri Analizi Tablosu	60
Çizelge 3.2 : Hata Analizi Sonucu Yapılan Faaliyetler	63
Çizelge 3.3 : Makina Elamanlarının Kodlanması	64
Çizelge 3.4 : Durum Diyagramı Açıklaması	67
Çizelge 3.5 : Durum Değişkenlerinin Halleri	68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Dünyada paket tüketimi	2
Şekil 1.2 Boya dolum makinası.....	3
Şekil 1.3 Otomotiv yedek parça kolileme makinası	3
Şekil 1.4 Paketleme makinalarının pazar payları	4
Şekil 1.5 Makinacılık endüstrisi ile paketleme makinalarının ihracat payları	4
Şekil 1.6 Mekatronik sistem diyagramı	5
Şekil 1.7 Tetra TR/28 XH ile üretilen paket şekilleri.....	6
Şekil 1.8 Tetrapak TR/28 paketleme makinası	6
Şekil 1.9 Tetra Pal TR/28 makinası çalışma şeması.....	7
Şekil 1.10 Paketlemede uluslararası ilk 15 ülke	8
Şekil 2.1 IFM O6H302 fotoelektrik sensörü.....	13
Şekil 2.2 IFT 205 modeli endüktif sensör.....	14
Şekil 2.3 Endress + Hauser FTL 20 seviye limiti sensörü	15
Şekil 2.4 Seviye limit sensörü çalışma örneği	15
Şekil 2.5 Sıcaklık kontrolü, (a) Isıl çift, (b) Kontrolör ENDA ETC4420.....	16
Şekil 2.6 PLC'nin genel yapısı.....	17
Şekil 2.7 PLC kullanım alanlarına örnekler	20
Şekil 2.8 SIEMENS S7-300.....	21
Şekil 2.9 S7-300 üzerindeki LED ışıklar	22
Şekil 2.10 Aktüatörün kontrol sistemimdeki yeri	23
Şekil 2.11 Redüktörlü elektrik motoru	26
Şekil 2.12 Pentair südmo kelebek vana	29
Şekil 2.13 FESTO EB-165-65 körüklü pnömatik silindir	29
Şekil 2.14 Festo CRDSNU.....	30
Şekil 2.15 Rulo konveyör	32
Şekil 2.16 Sepet yıkama ve salamura dolum makinası konveyör sistemleri (a) Zincir tipi, (b) Rulo tipi.....	33
Şekil 2.17 FTR JBM 1780 B1 nozul	36
Şekil 2.18 Stäubli Robotics TX90 serisi robot kolu	40
Şekil 2.19 Stäubli Robotics TX90 robotunun çalışma alanı	40
Şekil 3.1 Sepet yıkama ve salamura dolum makinası şeması	41
Şekil 3.2 Sepet yıkama ve salamura dolum makinası tasarım çizimi.....	42
Şekil 3.3 Sepet yıkama makinası.....	43
Şekil 3.4 Yıkama makinası detayı.....	44
Şekil 3.5 Yıkama tankı detayı	45
Şekil 3.6 Yıkama makinasının iç görüntüsü	45
Şekil 3.7 Sepet çevirme konveyörü zinciri	46
Şekil 3.8 Çevirme konveyörü.....	47
Şekil 3.9 Sensör ve pnömatik eleman numaralandırması	48
Şekil 3.10 (a)Aktarma konveyörü, (b) Zincir konveyör	49
Şekil 3.11 Salamura dolum tankı	50
Şekil 3.12 Salamura Tankı Akış Sistemi	52

Şekil 3.13 Temsili dolum tankı.....	53
Şekil 3.14 Kontrol paneli.....	57
Şekil 3.15 Temsili konveyör ve sepet çizimi.....	58
Şekil 3.16 Kontrol elemanları numaralandırılması	65
Şekil 3.17 Yazılım akış şeması	66
Şekil 3.18 Durum basamakları.....	67
Şekil 3.19 Durum diagramı akış şeması	69

SEPET YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASI

ÖZET

Gıda sektöründe artan müşteri talebi ve rekabet, sektörde maliyetlerin aşağı çekilmesini ve aynı zamanda seri üretimin hızlandırılmasını tetiklemiştir. Hijyenin son derece önemli olduğu bu alanda, maliyet ve üretim hızı kıstasları da göz önünde bulundurulduğunda insan gücünün yerini otonom makinaların alması kaçınılmaz bir durum olmuştur. Otonom çalışan makinalar, insan gücünün ulaşamayacağı hıza ulaşmasından dolayı birim zaman maliyetini azaltır ve aynı zamanda insan faktöründen oluşacak hataları ortadan kaldırır. Bu durumun sonucu olarak günümüzde gıda alanında makina üretimi dünya çapında en hızlı gelişme gösteren makina sektörlerinden biri haline gelmiştir.

Otomatik makinalar ve üretim sistemleri elektrik-elektronik, mekanik ve bilgisayar teknolojilerinin yer aldığı disiplinleri içermektedir. Dolayısıyla söz konusu makinaların ve sistemlerin hayata geçirilmesinde modüler ve mekatronik tasarım stratejileri uygulanmaktadır.

Gıda sektöründeki makinalar iki farklı kısımda incelenebilir. Bunlardan ilki ürünün üretim sürecinde kullanılan makinalar, diğeri ise üretilen ürünün paketleme koşullarına hazırlanması ve ambalajlanması için kullanılan makinalardır.

Bu tezde, üretim süreci kısmen tamamlanmış ve saklama koşullarına hazırlanması için işlem görmesi gereken beyaz peynir ürünü için bir sepet yıkama ve salamura dolum makinası tasarlanmış, salamura dolum kısmının CIP fonksiyonu hariç gerekli yazılımları yapılmış ve hayata geçirilmiştir. Üretilen beyaz peynir istenilen kıvamına gelmesi için kalıplar halinde belli bir süre dinlendirilmelidir. Bu dinlenme sürecinde ürünün yapısında bozulma olmaması ve istenilen kıvamın elde edilebilmesi için ürünün salamura adı verilen bir çeşit tuzlu suda beklemesi gerekmektedir. Tasarlanan bu makine ise peynirin bekletileceği sepetin hijyeninin sağlanması, üretilen peynirin sepete konulması ve salamurasının doldurulmasını sağlamaktadır. Makina üç ana kısımdan oluşmakta. Birinci kısım olan sepet yıkama bölümü kendi içinde ön yıkama, kimyasal yıkama ve durulama olmak üzere üç süreç içermektedir. Daha sonra, sisteme yardımcı olarak kullanılan bir robot kolu ile sepete peynir dolumu işlemiyle devam eden sistem üçüncü aşamada sepete salamura dolumu yapılarak son bulmaktadır. PLC ile kontrolü sağlanan makinede kontrol geri beslemeleri için fotoelektrik sensörler, endüktif sensör ve seviye sensörleri kullanılmakta. Sensörlerden alınan bilgilere göre hareket üretmekte ise pnömatik piston, redüktörlü motor, pompa ve pnömatik valfler kullanılır. Tasarlanan bu makina gıda sektörünün hijyen, maliyet ve hızlı üretim kıstaslarını sağlayarak sektörün ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılamaktadır.

Genelde yurtdışından temin edilen bu tür makinaların bu proje kapsamında yurtiçinde üretilmiş olması ise başka bir önem arz etmektedir.

BASKET WASHING AND BRINE FILLING MACHINE

SUMMARY

In the food sector, increasing customer demand and competition between companies force the sector to reduce the costs and increase the mass production. For the food sector, that hygiene takes serious place, if you consider the cost and manufacturing rate the autonomous machines became inevitable. Therefore, machines take place of manpower to satisfy resulting needs. The automated machines are able to reach the manufacturing rates far beyond the manpower. Moreover, these machines decrease the faults to the zero level that are caused by human factor. As a result, machine manufacturing for food sector become the most developed branch of machinery world recently.

Automated machines consist of three main disciplines electric-electronics, mechanics and information technologies. Consequently, to manufacture these machines and systems mechatronic perspective must be referred in order to reach successful results.

The machines used in food sector could be divided into two different branches. One for manufacturing process of the product and the other is for packaging purposes. The packaging branch is also divided into two, which are final product packaging and conditioning.

In this thesis, a basket washing and brine-filling machine is design and manufactured for white cheese that is already produced but needs to be conditioned for packaging. The produced white cheese requires a conditioning for a certain time in order to reach the desired product. During this conditioning, the white cheeses are kept in large baskets as large blocks. The white cheese blocks need to be exposed brine along the conditioning. The brine is a kind of a salt water which is an essential factor of conditioning since it maintains the shape of the white cheese. The white cheese blocks are produces as large volume that the weight is able to reach to 20 Kg. Because of the heavy weight, carrying white cheese basket cause quite much time loss if you done by manpower. Also that much weight leads to serious back injuries for men. In addition, the washing process needs to pay attention to achieve good quality hygiene. The lack of attention caused by human factor could bring problems with it. For the filling process in order to be time efficient and avoid from wastage, the system must be well organized.

The reason to design the basket washing and brine-filling machine is to respond the requirements of this process, which are mention above. The machine consists of three main stages. First is basket-washing stage, second is placing the white cheese blocks into the basket and the final stage is brine filling. The whole machine designed as a conveyor band with consecutive three stages mention previously.

First of the basket goes into washing process via hot water. The temperature of the water changes between 50⁰C and 60⁰C. This required temperature is satisfied by use

of thermocouples. After that, the baskets exposed special solution liquids to provide hygiene. Then the washed baskets exposed drying to prevent any hazardous effect of residual washing liquid. All these three steps have an individual water tank to provide washing liquid. The liquids are sent to the machine by using pumps. Nozzles are used at the end of the pump line to be able reach the entire basket surface. The used water is gathered in pools and send back to the respective tank in order to be used again. This stage includes two filters to get rid of from undesired substances. After these three steps the desired hygiene is obtained for the baskets that are used for keeping the white cheese blocks during the conditioning. The next step will be putting the white cheese into the basket. For this stage, assistance of a robotic arm is used. The arm picks the white cheese blocks and places them into the baskets. This robotic arm is not designed in the scope of this thesis but it outsourced to another firm. Finally, the basket with the white cheese goes for brine filling over the conveyor band.

Construction of the machine chassis is made of stainless steel box profiles and aluminum sheet metals. All used materials are corrosion resistance and have good strength characteristics. Special welding method is used for the assembly of the chassis in order to have good stability and durability. The reason of choosing the stainless steel despite of its cost is the consideration of the hygiene criteria. Hygiene is the most critical point that must be satisfied without any concession. Therefore, it takes place in all decision stages of the material selection. It is same for the conveyor material. A special chain type conveyor is select accordingly. The small assembly parts also selected from stainless steel. Most of them produced with machining (lathe, CNC).

The control of the whole system is provided by a Programmable Control Logic (PLC). PLC is a digital computer used for automation of electromechanical machineries very commonly in industry. The typical PLC has input and output ports (I/O) and by use of the input devices it continuously monitors the states and make decisions for the output devices based on custom program installed on it. For the basket washing and brine filling machine optical sensors, level indicator sensors and command buttons are used as input devices in order to monitor the states of the process. As an actuator conveyor driver motors, pneumatic pistons, pneumatic valves and pumps are used for the output control.

The control button triggers machine to start and provides manual control of the machine when necessary. The optical sensors selected as digital sensor that indicate there is an obstacle in front of it or not. Those sensors are used to determine the position of the basket and feedback to the PLC, then PLC triggers the necessary output device like pneumatic pistons and pneumatic valves. A timer is used for filling the white cheese carrying basket with brine. Since the volume of the basket is known the timer properties of the PLC is used for a sufficient time to fill the desired level brine of the baskets.

The assistant robot arm is a six degree of freedom robot arm. All of the joints of the robot arm are revolute joints. It move the white cheese with the special tool at the end effector. The robot has already working on factory white cheese plant. It is modified into basket washing and brine filling machine in this project. It communicates with the PLC in order to determine the timing for placing the white cheese blocks. Then robot sent another signal to the PLC, indicates that the mission is accomplished.

As a result, designed basket washing and brine filling machine contribute significant benefit to the serial mass production of the white cheese manufacturing in terms of hygiene, reduction of unit cost and manufacturing rate increase. The machine takes place of eight manpower by itself and increase the washing and filling rate by two times. The machine also decreases the faults and wastages to the zero level.

1. GİRİŞ

Makinaların insan hayatında yer alması, 18. yüzyılın ortaları ve 19. yüzyılın başında Avrupa’da gerçeklersen sanayi devrimi ile başlamıştır. Sanayi devriminin ilk zamanlarında tekstil, demir, çelik ve ulaştırma alanlarıyla başlayan makineleşme çok kısa sürede insan gücünün yerini almış ve o zamandan günümüze çok hızlı bir şekilde gelişim göstermiştir. İnsan gücü ile ulaşılamayan güce, hıza ve kaliteye kolay bir şekilde ulaşmayı sağlayan makineleşme günümüzde üretimin olduğu aklınıza gelebilecek her alanda kaçınılmaz bir durum olmuştur [1]. Bu durumun sonucu ortaya çıkan ve makina sektöründe önemli bir yer tutan dallardan biride paketleme makinalarıdır. Modern zamanda üretimi yapılan birçok ürünün müşteriye sunumu ve gerekli saklama koşullarının sağlanması adına paketleme makinaları büyük önem arz etmektedir.

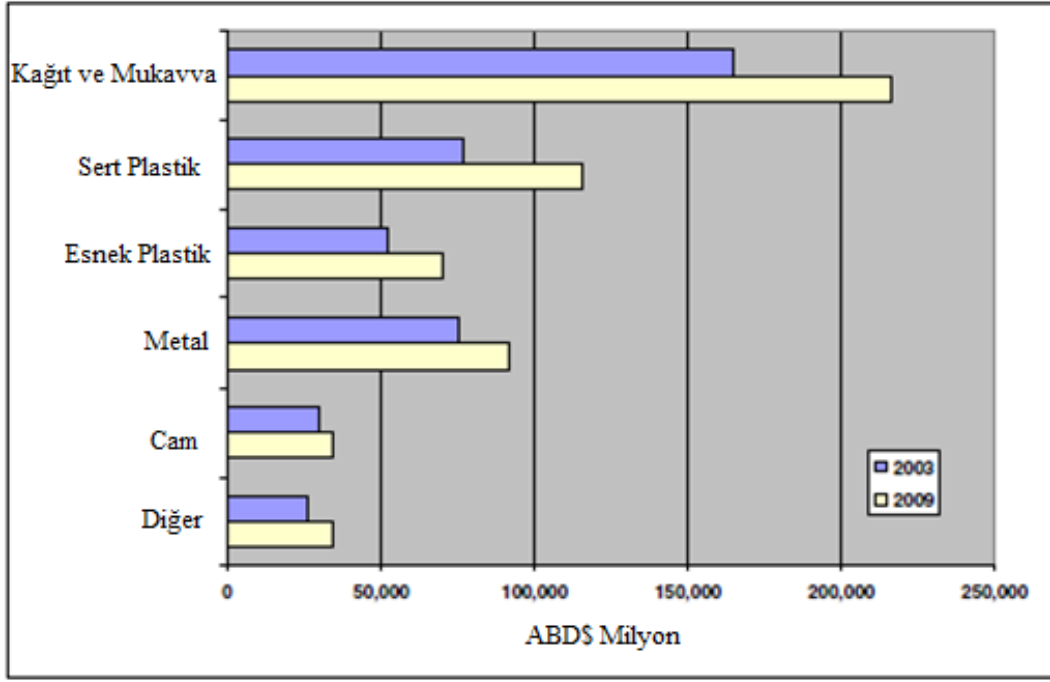
Geniş bir kullanım alanı olan paketleme makinası çok farklı sektörlerde yer almaktadır. Bu sektörlerle ilaç, kozmetik ve gıda gibi birçok sektör örnek verilebilir. Bunlardan en önemlisi ve geniş market payına sahip olanı ise gıda sektörüdür. Hijyenin son derece önemli olduğu bu alanda, maliyet ve üretim hızı kıstasları da göz önünde bulundurulduğunda insan gücünün yerini otonom makinaların alması kaçınılmaz bir durum olmuştur.

Özellikle 2000’li yılların başında büyük bir patlama yapan paketleme makinaları gıda sektörüne bu alanda çok önemli çözümler getirmiştir ve sektördeki rekabetin artmasını sağlamıştır [2]. Gıda sektöründe üretimin birim zaman maliyetini azaltan, hijyen koşullarını eksiksiz sağlayan ve insan faktöründen oluşan hataları ortadan kaldıran paketleme makinaları bu çalışmada da olduğu gibi günümüzde birçok çalışmanın konusu olmuştur.

1.1 Paketleme Makinaları

Arkeolojik kazılar sonucu ortaya çıkan hayvan derisi, kabuklar ve yaprakların insanlık tarihinde paketlemede kullanılan ilk eşyalar olduğu anlaşılmıştır. Daha sonra antik mısır kalıntılarında bulunan seramik ve sepetler paketlemedeki ilerlemeyi göstermiştir. Gelişen yaşam koşulları ve hayat ile birlikte ortaya çıkan ihtiyaçlar sonucu paketleme kültürü sürekli gelişme göstermiştir. 19. yüzyılın sonuna kadar

geliştirilen paketleme ürünlerine örnek olarak bakır, ahşap, cam, metal, kâğıt gibi işlenmiş malzemeler örnek olarak gösterilebilir. 20. Yüzyılda ise bu kültürün son geldiği nokta modern ve elverişli plastik paketleme malzemeleri olmuştur [1]. Şekil 1.1 de günümüzde tüketilen paketleme ürünleri ve bunların 2003 ve 2009 yılları arasındaki gelişimi gösterilmiştir. Bu grafikten de anlaşıldığı gibi dünya çapında çok büyük bir paketleme trendi mevcuttur.



Şekil 1.1 Dünyada paket tüketimi [3]

Sürekli gelişme gösteren bu alan makineleşmeden de nasibini almıştır. Market kültürünün oluşması, şehirleşme ve genel ekonomik canlanma yakın tarihten günümüze paketleme sanayisinin inanılmaz bir şekilde büyümesine sebep olmuştur [4]. Bugün gelinen noktada paketleme makinaları boya dolum, seramik fayans paketleme, kumaş topları yapma, iplik bobinleri sarma, temizlik malzemeleri, saman balya makinası ve haşere ilaçları paketleme gibi çok geniş bir yelpazeyi kaplayan kullanım alanları ile makine üretiminin büyük bir kısmını kapsamaktadır.

Aşağıda Şekil 1.2’de bir boya dolum makinası, Şekil 1.3’te ise bir otomotiv yedek parça paketleme makinası gösterilmiştir.

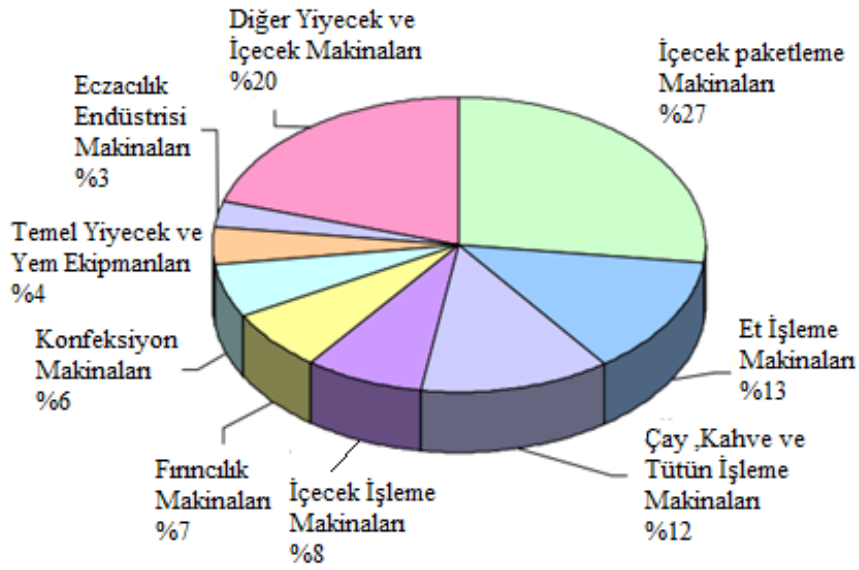


Şekil 1.2 Boya dolum makinası



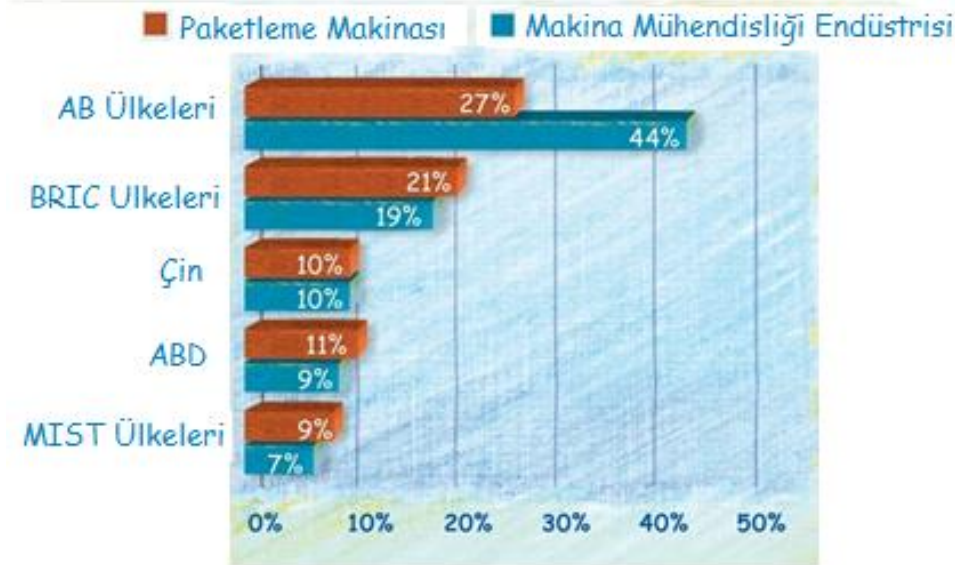
Şekil 1.3 Otomotiv yedek parça kolileme makinası

Yukarda sayıldığı gibi birçok alanı kapsayan paketleme makinalarını en sık ve verimli olarak kullanıldığı alanlardan birisi gıda sektörüdür. Global paketleme endüstrisi dünya çapında €500 milyarı aşan bir ciroya sahiptir. Bu cironun %60'ını ise gıda sektörü oluşturmaktadır [1]. Şekil 1.4'te farklı sektörlerin paketleme alanında aldığı paylar gösterilmektedir.



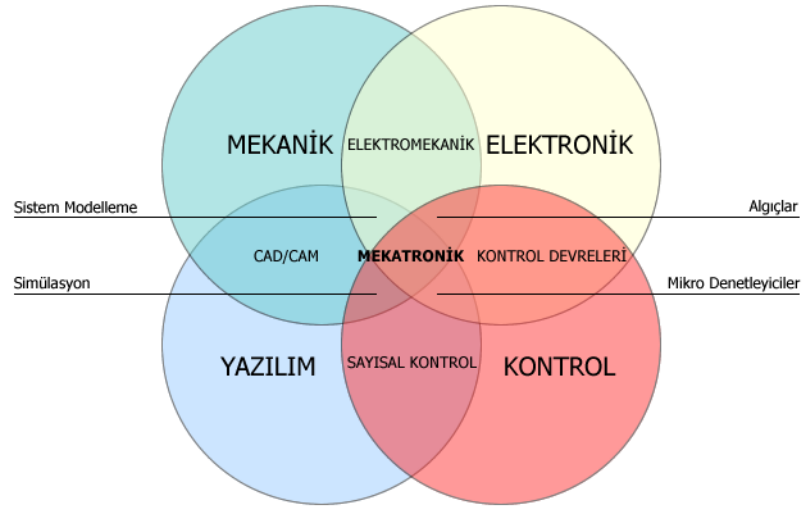
Şekil 1.4 Paketleme makinalarının pazar payları [3]

Hızlı şehirleşme, turizmin gelişmesi, globalleşen gıda sektörü, bakkallı dükkanları yerine marketlere artan ilgi ve hazır gıda kullanımındaki artış, ambalajlı gıda kültürünün tüm dünyaya yayılmasına yol açtı. Sonuç olarak ortaya çıkan rekabetin seri üretimi tetiklemesi, paketleme sektöründe otonom makinalarının kullanılması kaçınılmaz hale getirdi. Bu durum paketleme makinalarının makina sektöründe çok büyük bir pay almasının başlıca sebebi oldu. 2013 yılı itibarı ile makina endüstrisinin, paketleme makinaları ile ihracat paylarının kıyaslamasını gösterilen Şekil 1.5 bu durumu gayet net bir şekilde ortaya koymuş bulunmaktadır.



Şekil 1.5 Makinacılık endüstrisi ile paketleme makinalarının ihracat payları [5]

Paketleme makinaları elektrik-elektronik, kontrol, bilgisayar/yazılım ve mekanik alanlarını barındırmasından dolayı tam olarak mekatronik felsefesinin kapsadığı bir alan olmuştur. Bu makinaların yapımında yukarıda sayılan mühendislik alanlarından hiç biri tek başına çözüm üretmez. Bu sebepten paketleme makinalarının uygulanmasında mekatronik perspektifinden bakılması şarttır. Şekil 1.6'da mekatronik sistem diyagramı verilmiştir.

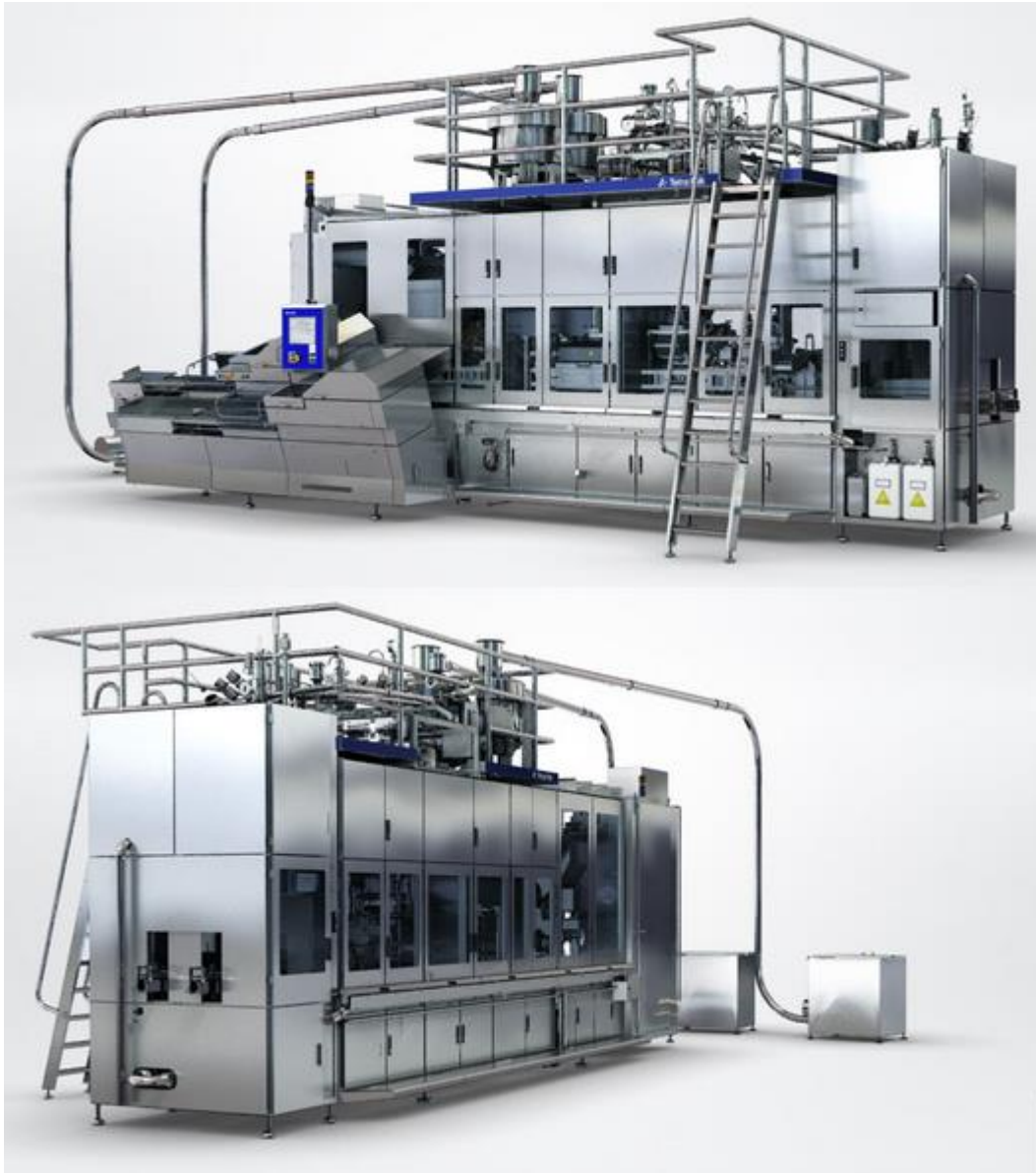


Şekil 1.6 Mekatronik sistem diyagramı [6]

Şekil 1.8'de dünyanın en büyük paketleme makinası üreticisi olan Tetra Pak'ın "Tetra TR/28 XH" isimli paketleme makinası gösterilmiştir. Mekanik olarak %94 oranında verim sağlayan bu makina litrede ± 1 gram hassasiyetinde dolum yapabilmektedir. Tamamen otonom olan bu makina içinde iki üretim hattı barındırmaktadır. Bu iki hattan 1400 paket/saat gibi muazzam bir üretim kapasitesine ulaşılmaktadır. Örnek olarak verilen bu makinanın boyutu ve ulaştığı hız paketleme makinalarında gelinen noktayı çok iyi açıklamaktadır. Şekil 1.7'de ise Tetra TR/28 XH makinasının yaptığı paketleme şekilleri gösterilmiştir [7].



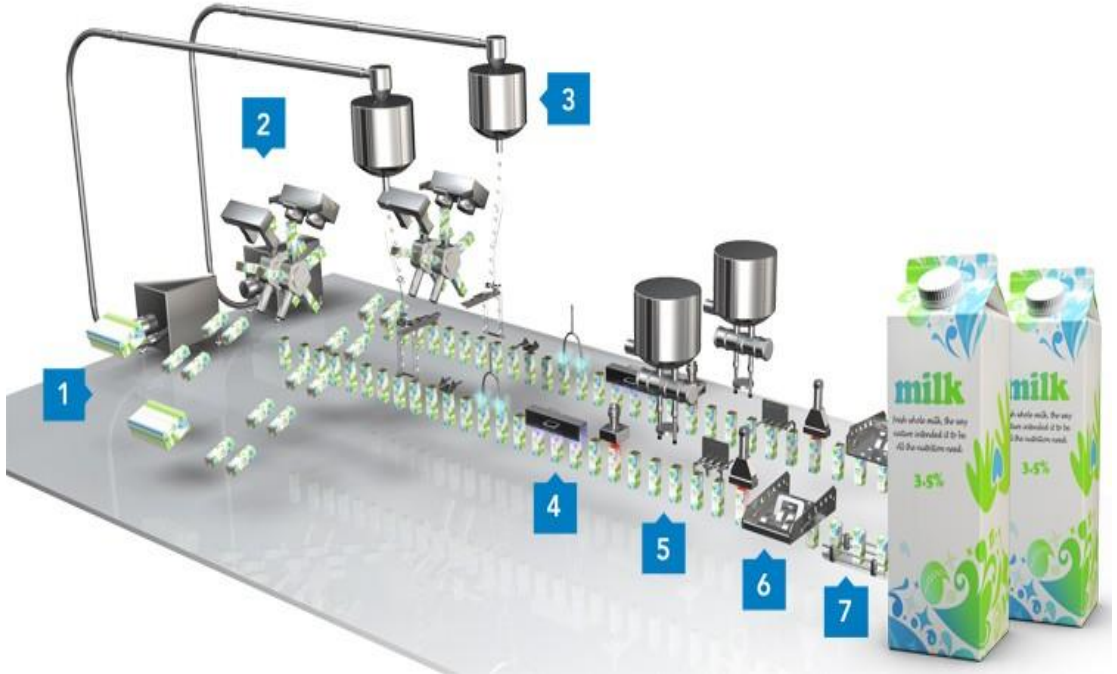
Şekil 1.7 Tetra TR/28 XH ile üretilen paket şekilleri [7]



Şekil 1.8 Tetrapak TR/28 paketleme makinası [7]

Şekil 1.9’da ise Tetra Pak TR/28 makinasının nasıl çalıştığı açıklanmıştır. Resimde numaralandırma ile yapılan sıralama aşağıda verilmiştir [7];

1. Karton kutu balyası,
2. Alt kısım katlanması ve kapatılması,
3. Kapak uygulaması,
4. Karton sterilizasyonu,
5. Dolum sistemi,
6. Üst kısmın kapatılması,
7. Ürünün çıkışı.

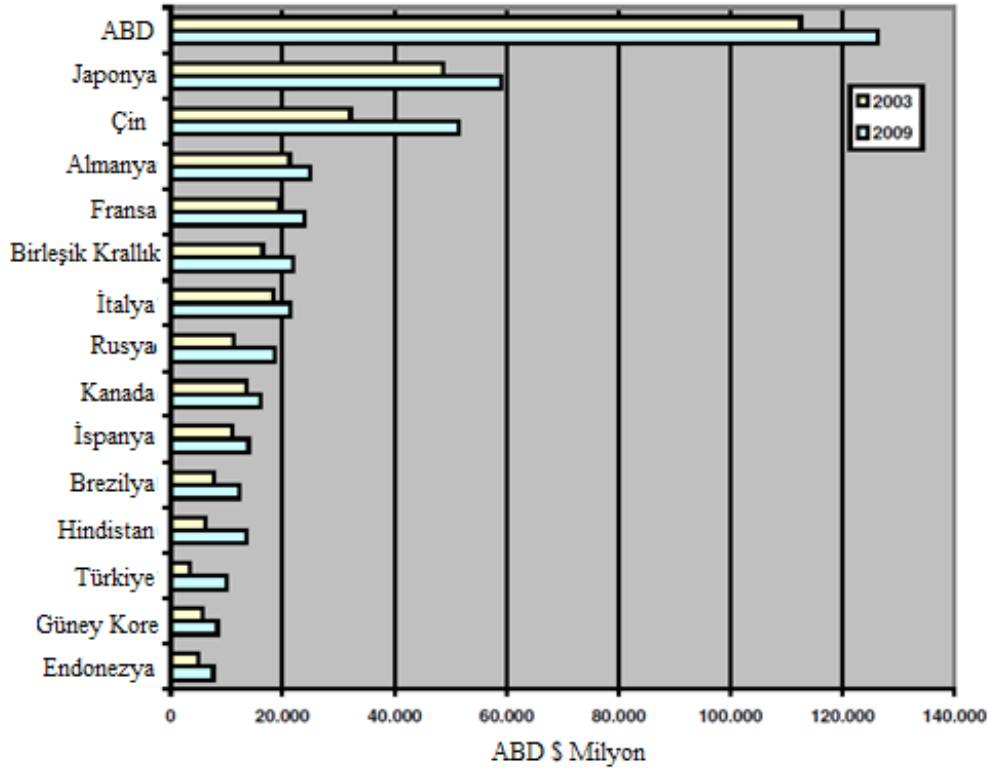


Şekil 1.9 Tetra Pal TR/28 makinası çalışma şeması [7]

Gıda sektöründe kullanılan makinalar iki ana bölüme ayrılabilir. Bunlardan birincisi ürünlerin paketleme koşullarına hazırlanmasını sağlayan makinalar, ikincisi ise son haline gelmiş ürününü paketleyerek son ürün haline getiren makinalardır.

Avrupa’da pazar araştırmaları ve pazarlama alanında çalışan “Quest Techno Martketing” adlı şirket paketleme makinalarını, otomasyon açısından makina sektöründeki en önemli dal olarak tanımlamış ve bu sektörün geleceği ile ilgi bir araştırma yürütmüştür. Bu araştırmanın merkezi olarak ise Avrupa’nın sanayi alanında en gelişmiş ülkesi olan Almanya seçilmiştir. 2011 yılında yapılan bu

araştırma sonucuna göre paketleme makinası sektöründe 2016 yılına kadar senelik %9 büyüme hesaplanmış [5]. Bir başka araştırma ise dünya genelinde paketleme pazarında ilk 15’teki ülkelerin 2003-009 yılları arasındaki gelişimi ortaya çıkarılmış. Şekil 1.10’da bu araştırmanın sonucunu gösteren grafiğe yer verilmiştir. Burada en dikkat çeken nokta ise şekilden anlaşıldığı üzere Türkiye’nin büyüme oranı en yüksek olan ülkeden biri olarak 13. sırada yer almasıdır [3].



Şekil 1.10 Paketlemede uluslararası ilk 15 ülke [3]

1.2 Literatürdeki Yapılan Paketleme Makinası Çalışmaları

Sanayi dışında çok üstüne düşülmeyen paketleme makinaları, bu duruma rağmen üniversitelerde yüksek lisans seviyesinde çıkarılan tezlere konu olmuştur.

Bu tezlerden biri “Otomasyon Sistemler ve Otomatik Bir Paketleme Makinası Tasarımı” projesidir. Bu tezde paketleme makinalarına geniş bir perspektiften bakılmış, paketleme makinalarının mekatronik alanında incelenmesine neden olan bilgisayar, elektronik ve mekanik sistemleri sınıflandırılarak açıklanmıştır. Daha sonra indükleme siteminden gelen parçaları bir paketin içine toplayan otomatik paketleme makinası tasarlanmış, üretilmiş ve testleri yapılmıştır [8]. Bu tezde

geleneksel paketleme makinalarından farklı olarak makinanın kontrolü için PLC yerine PIC mikro denetleyiciler kullanılmıştır.

Paketleme makinalarını ele alan bir diğer çalışm ise “MEMS Sensör ve Rezonatörler için Pul Seviyesinde Paketleme” projesidir. Bu projede MEMs (Mikro Elektro Mekanik Sistem) aygıtlarının paketleme konseptlerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca binaen, altın-silisyum ötektik ve cam hamuru yapıştırma teknikleri kullanarak pul seviyesinde vakum paketleme teknikleri geliştirilmiştir [9]. Elektrik-Elektronik malzemelerinin paketlenmesini ele alan bu proje, paketleme makinalarının geniş yelpazesini ortaya koymuştur.

Son olarak “Gıda Paketleme Makinelerinde Elevatörlü Ürün Besleme Sistemi Tasarımı ve Otomasyonu” projesi örnek olarak verilebilir. Projede gıda paketleme makinaları ele alınmış olup, bu makinalar için elevatörlü ürün besleme sistemi tasarımı ve otomasyonu geliştirilmiştir. Bu tezde alışılmışın dışında paketlemeyi yapan makinaı tasarlamak yerine, tasarlanan bir makinanın daha verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak amacı ile ana makinanın girdilerinin daha verimli beslenmesi amaçlanmıştır [10].

1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, dünya çapında makina endüstrisinde çok büyük yer kaplayan paketleme makinalarına ülkemizde de gerekli değeri ve önemin verilmesine dikkat çekmek ve bu makinaların mevcut kaynaklarımızla kolay bir şekilde üretilebileceğini göstermek esas amaç olarak belirlenmiştir. Paketleme makinalarında ki en büyük paya sahip olan gıda sektörü ele alınmış, beyaz peynir üretimi ve paketlenmesi sürecinde ürünün paketleme koşullarına hazırlanması sağlayan süreç otomatize edilmiştir. Sepet yıkama ve salamura dolum işlemlerini içeren bu sürecin otomasyonu için bu çalışma kapsamında bir makina tasarlanmış ve hayata geçirilmiştir. Tez içeriği olarak tüm makinanın tasarımı yapılmış ve salamura dolum kısmının CIP işlevi dışında PLC yazılımı yapılmıştır.

2. SEPET YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASININ ELEMENLARI

İnsan vücudu ve otomasyon sistemleri çok büyük benzerlik göstermektedir. Otomasyon sistemlerinde ki esas amaç dışardan bir müdahale olmadan sistemin kendi kendini idare etmesi olduğundan, bu işlemi kusursuz bir şekilde yürüten insan vücudu aynı çalışma prensibine dayanmaktadır. İnsan vücudu duyu organları ile aldığı gerekli girdileri beyne gönderdikten sonra beyinde gerçekleşen kara verme süreci ile komut vererek çıktı üretir ve gerekli hareketleri sağlar. Tıpkı insan sistemi gibi otonom makinalarda çeşitli algılama araçları ile çevreyi ve koşulları işlemciye göndererek daha önce programlanmış işlemci ile çıktıları üretir ve sistemin istenilen amaca ulaşması için çalışması gereken araçları harekete geçirir.

Otomasyon sisteminin çalışması için gereken yardımcı elemanlardan söz etmek gerekirse bunlar, makinanın duyu organları olan sensörler, beyni olan PLC, eli ayağı olan sürücü motorlar ve pnömatik aktüatörler, iskelet sistemi olan şase gibi daha birçok madde halinde sıralanabilir. Bu bölümde tezin konusu olan sepet yıkama ve salamura dolum makinasının gözü, kulağı, eli, ayağı ve beyni vazifesini gören yardımcı elemanları detaylı bir şekilde incelenecektir.

2.1 Sensörler

İngilizcedeki “sensor” kelimesinden Türkçeye “sensör” olarak geçmiş bu kelime, tam olarak “algılayıcı” şeklide Türkçeye çevrilmiştir. Bu cihazlar otomatik makinaların duyu organları olarak kullanılır. Çeşitli yöntemlerle işlevlerine has bir şekilde, kullanıldıkları sistemlerde uzaklık, nem, basınç gibi değerleri algırlarlar. Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) tarafından yapılan bilimsel tanıma göre sensör, fiziksel, kimyasal yada biyolojik bir parametreyi elektrik sinyaline çeviren bir cihazdır [11].

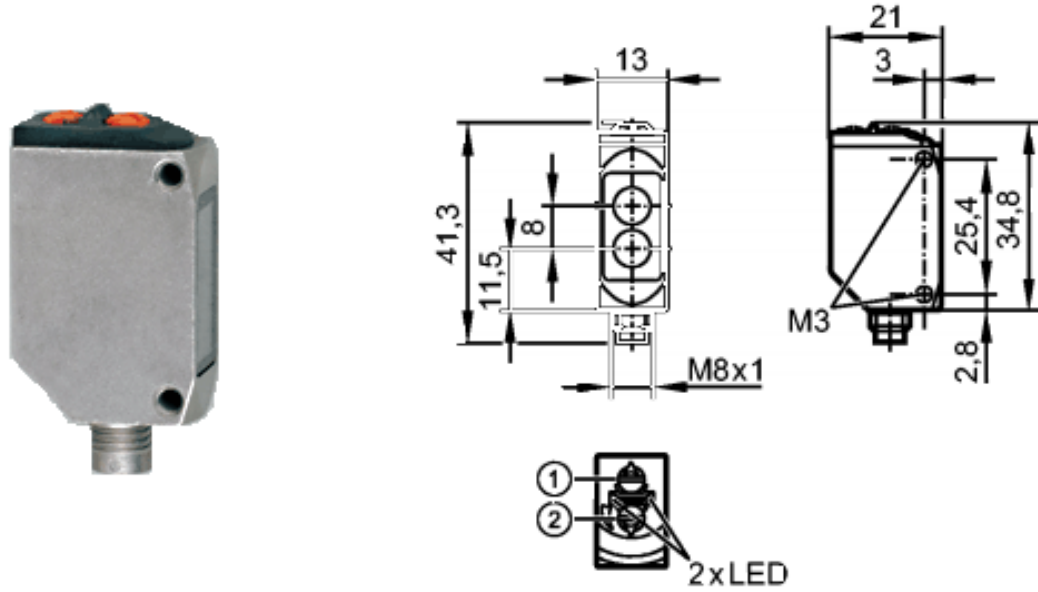
Elektriksel veriden kasıt, bir elektronik cihaz tarafından kanalize edilebilen, yükseltile bilen ve modifiye edilebilen bir sinyaldir. Sensörün çıktı sinyali bir voltaj, akım ya da yük cinsinden olabilir. Bu çıktılar daha ileri seviyede frekans, faz, genlik veya dijital kod olarak tanımlanabilir. Bu çıktıların tümü çıktı sinyal formatı olarak adlandırılır.

Sensörler çeşitlerine örnek olarak hız, uzaklık, ağırlık, tork gibi mekanik büyüklükleri ölçen sensörler, sıcaklık ve ısı akışı gibi termal büyüklükleri ölçen sensörler, yoğunlaşma, içerik ve Ph miktarı gibi kimyasal büyüklükleri ölçen sensörler gibi daha birçok örnek verilebilir.

Sensörlerin tek başına hiç bir etkisi yoktur. Çalışmak için bir sisteme ihtiyaç duyarlar. Her zaman sinyal işleyicilerin, aktüatörlerin, hafıza cihazlarının ve bunlara benzer cihazların bulunduğu büyük bir sistemim parçası olarak çalışırlar. Sensörler genelde büyük kontrol sistemlerinin veri toplama ve işleme sistemi olarak işlev gösterirler.

2.1.1 Fotoelektrik sensör

Proje kapsamında ki sepet yıkama ve salamura dolum makinasında çeşitli sensörler kullanılmıştır. Bu sensörlerden ilki sepetlerin konumunu belirlemek için kullanılan IFM Elektronik firmasının O6 H302 model fotoelektrik sensörüdür. Şekil 2.1’de bu sensör gösterilmektedir. 200 mm çalışma mesafesi olan bu sensörün Şekil 2.1’de turuncu renkle gözüken ve teknik resminde 1 ve 2 olarak numaralandırılmış iki adet ayar düğmesi mevcuttur. 1 numaralı düğme anahtar çıkış fonksiyonunu ayarlamaktadır. Bu fonksiyon sensörün önünde bir cisim varken mi yoksa yokken mi sinyal göndermesini ayarlamaktadır. 2 numaralı düğme ise hassasiyet ayar potansiyometresidir. Bu düğme ile sensörün önüne gelebilecek cisimlerin sensöre uzaklığına göre hassasiyeti ayarı yapılmasını sağlar.



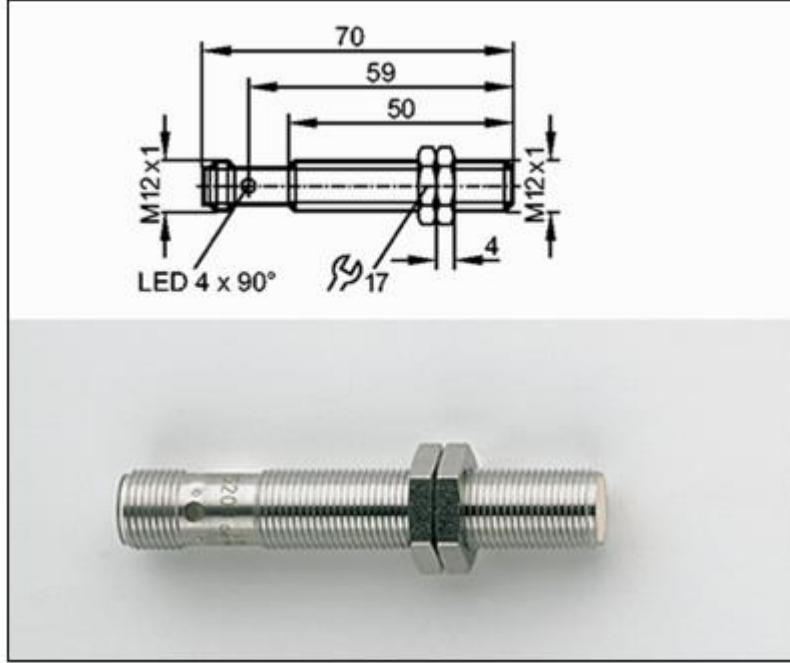
Şekil 2.1 IFM O6H302 fotoelektrik sensörü

Bu modelin dışında, sepet çevirme işleminin kontrolünde iki adet daha fotoelektrik sensör kullanılmaktadır. Bu modellerde sert çevre koşullarına dayanıklılık ve paslanmaz çelikten imal edilme özelliklerinden dolayı IFM firmasından seçilmiştir. Bahsedilen kontrol mekanizmasında kullanılan 06E301 ve 06S301 model sensörlerdir. Bu sensörler karşılıklı konumlandırılarak bir birlerine ışık gönderirler ve aralarına bir cismin girdiğinde gönderilen ışık süzmesinin kesilmesi ile algırlar. Bu sensörler Şekil 2.1’de gösterilen 06H302 modeli ile aynı şekle sahip olup hemen hemen aynı boyutlardadır.

2.1.2 Endüktif sensör

Bu sensör türü metal cisimleri algılamakta kullanılır. Algılama esnasında ise metal cisme temas gerektirmez. Kısaca çalışma mantığından bahsetmek gerekirse bu sensörler kendi manyetik alanlarını oluştururlar. Oluşturulan bu manyetik alan dâhiline herhangi bir metal cismin girmesi halinde manyetik alan değişim gösterir. Değişim sonucu sensörün devreleri etkilenir ve sensörün çıkış sinyali bozulur. Böylece sensör kendisine yaklaşan metal cismi algılamış olur. Endüktif sensörler uzun çalışma ömürleri ve sağlamlıkları ile dikkat çekerler. Çok büyük kullanım alanı olan bu sensörler hemen hemen her fabrika otomasyonunda kullanılır. Fabrika otomasyonu dışında ise CNC tezgâhlarında, robot uygulamalarda, sac kesme makinalarında, paketleme makinalarında ve otomat tezgâhlarında sıkça kullanılır. Sepet yıkama ve salamura dolum makinasında ise peynir dolumu aşamasında IFT

firmasının IFT205 modeli endüktif sensörü kullanılmaktadır. Peynir dolumu yapılan sepet dolum aşamasını terk etmek için aktarma konveyörü olan zincir konveyör ile kaldırıldığı esnada zincir konveyörün pozisyonunun kontrolü endüktif sensör ile sağlanmaktadır. Şekil 2.2’de kullanılan endüktif sensör gösterilmiştir.



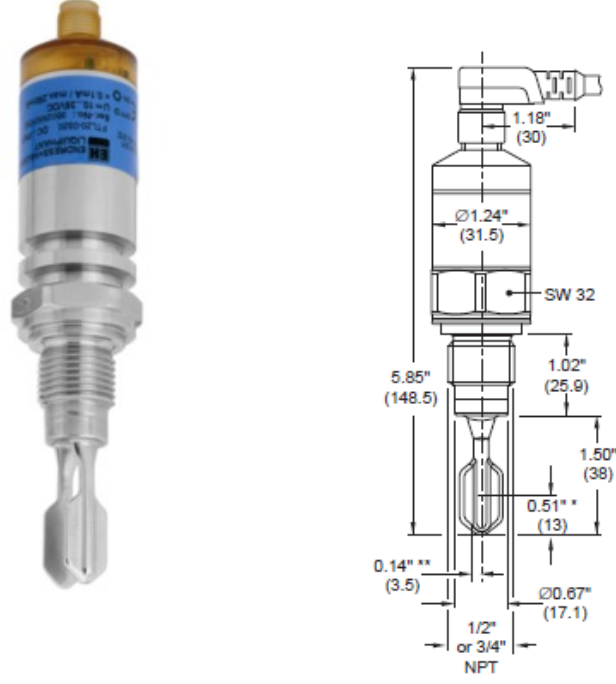
Şekil 2.2 IFT 205 modeli endüktif sensör

Aynı zamanda dolum kısmında da kullanılan bu sensör modeli, dolum kısmında hata yapılmasını önlemek amacıyla hizmet etmektedir. Daha sonraki bölümlerde detaylı anlatılacağı üzere iki farklı işlemin gerçekleşebildiği bu kısımda, operatörün dalgınlığından gerçekleşebilecek bir hatanın önüne geçilmektedir.

2.1.3 Seviye limit sensörü

Makinada kullanılan diğer bir sensör ise salamura dolumu safhasında salamura sıvısının tutulduğu tankında kullanılan seviye limiti sensörüdür. Bu sensör salamura tankında üç adet kullanılarak sıvı seviyesinin kontrolü, taşma durumunu ve sıvının bitme durumunu takip etmek amacı ile kullanılmaktadır.

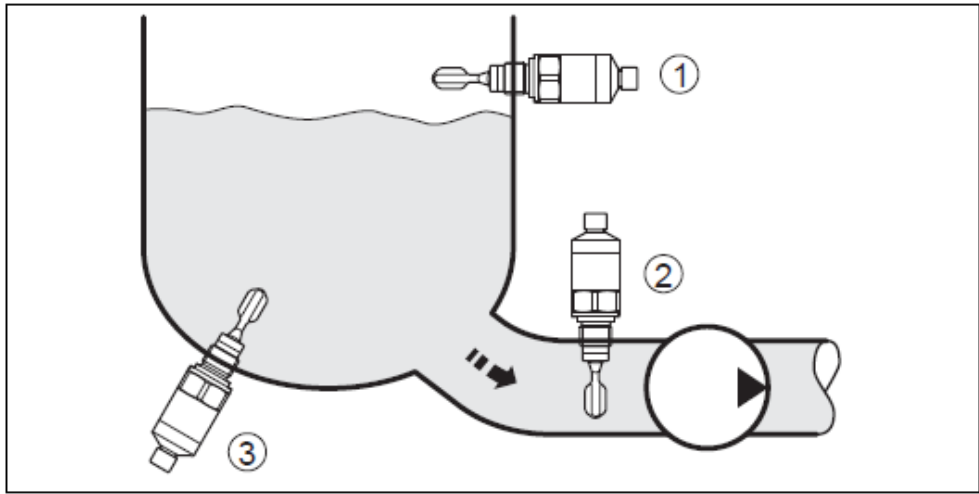
Bu amaç için Şekil 2.3’te gösterilen Endress + Hauser firmasının FTL20 model sensörü seçilmiştir. Hemen hemen her çeşit sıvı türü için tank, konteyner ve boru hatlarında kullanılan bu sensör, temizlik ve filtreleme sistemlerinde, soğutma ve yağ tanklarında taşmayı engelleme veya pompaların boşa çalışmasını engelleme amaçlarına hizmet etmektedir.



Şekil 2.3 Endress + Hauser FTL 20 seviye limiti sensörü

FTL20 sensörü özellikle bu alanlarda daha önce şamandıra anahtarı, iletken, kapasitif veya optik sensörlerin kullanıldığı uygulamalara daha iyi bir çözüm olarak tasarlanmıştır. Değişken yalıtkanlık, iletkenlik, türbülans ve hava baloncukları sebebi ile zorluk çekilen alanlarda ideal bir cihaz olarak kullanılabilir.

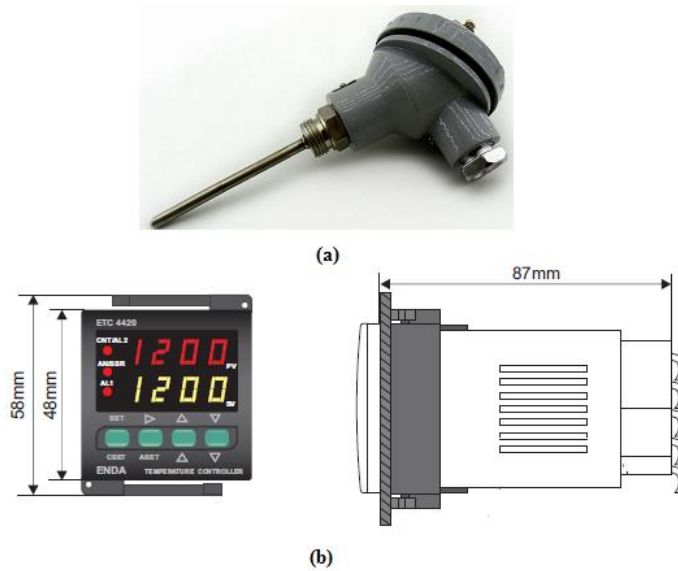
Şekil 2.4’de ise bu senösrün örnek bir kullanım şeması verilmiştir. 1 numaralı sensör taşmayı engelleme amacı ile, 2 numaralı sensör düşük sıvı seviyesini belirlemek için, 3 numaralı sensör ise pompanın boşa çalışmasını engellemek amacı ile kullanılmıştır.



Şekil 2.4 Seviye limit sensörü çalışma örneği

2.1.4 Isıl çift (Termokupl)

Sepet yıkama makinasında kullanılan bu sensör, yıkama safhasında kullanılan suyun belli sıcaklık değerleri arasında olmasını sağlamak amacıyla hizmet etmektedir. Sensörden alınan bilgi PLC yerine ENDA ETC4420 modeli sıcaklık kontrol cihazı ile kontrol edilmektedir. Bu cihaz makinanın ana kontrolörü olan PLC'den bağımsız olarak çalışır. Şekil 2.5'de görüldüğü üzere cihaz üzerinden istenilen değerlerin girilebileceği ayar ve set tuşları ile anlık değer ve girilen değerleri gösteren ekran mevcuttur. İstenilen değer aralığının altına düşüldüğünde, ısıtılması istenilen kaynakta ısıtma işlemini yapacak olan elemanı aktif hale getirilir.



Şekil 2.5 Sıcaklık kontrolü, (a) Isıl çift, (b) Kontrolör ENDA ETC4420

2.2 PLC

Başta otomasyon sistemleri olmak üzere birçok kontrol sisteminin vaz geçilmezi olan bu cihaz adını Türkçe “Programlanabilir Lojik Kontrolör” olarak çevrilen İngilizce “Programmable Logic Controller” kelimelerin baş harflerinden almaktadır.

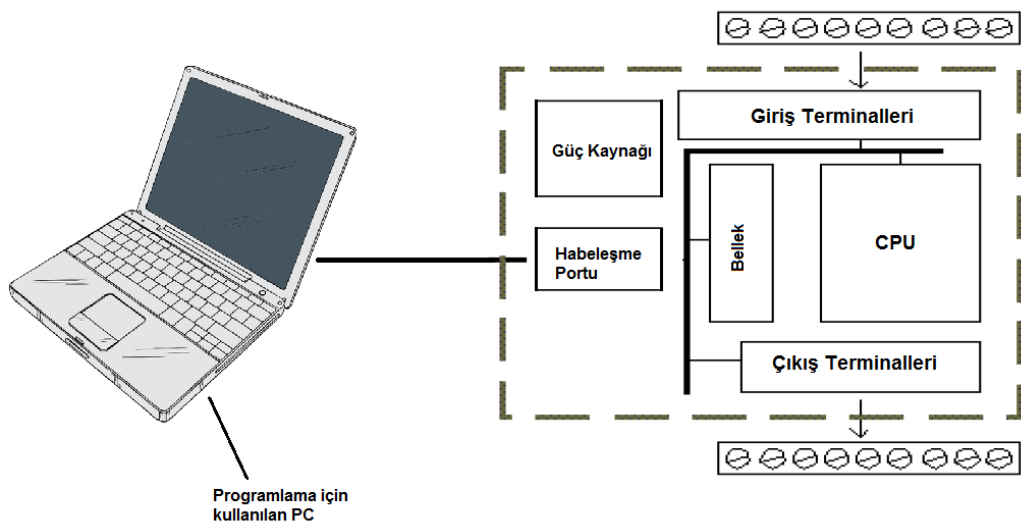
PLC'nin ilk ortaya çıkışı 1960'lı yılların sonlarına dayanmaktadır. Amerikan otomobil üreticisi General Motors firması otomobil üretim tesisinde ki seri bağlanmış röle sisteminden oluşan otomatikleştirilmiş hattın yerine bir bilgisayar uygulaması geliştirmek üzere çalışmalara başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda 1969 yılında endüstriyel bir bilgisayar için spesifikasyonlar belirlenmiştir. İki bağımsız şirket olan Bedford Associates ve Allen Bradley, General Motor firmasının

geliştirdiği bu spesifikasyonlara karşılık verdimiş ve zamanın mikrobilgisayarlarına benzeyen bilgisayar sistemini üretmiştir.

Kısa sürede gelişen teknoloji ile birlikte programlanabilir kontrolörlerde gelişme boy göstermiştir. Mikroişlemcilerin üretilmesi ve programlanabilir kontrolörlere entegre edilmesiyle hemen hemen her türlü otomasyon sisteminin tasarımında bu cihazlar büyük pay almaya başlamışlardır. İlk mikro işlemcili programlanabilir kontrolör 1977 yılında Allen-Bradley firması tarafından piyasaya sürülmüştür. Daha sonra 1978 yılında NEMA (National Electric Manufacturers Association) tarafından ilk PLC'ler satışa çıkarılmıştır. Çok büyük ilgi gören bu cihazlar 1980'li yıllarda büyük teknolojik gelişimler göstermiştir [9].

Sensörlerin PLC aygıtlarına bağlanabilme durumunu sağlayan ara bağlar en önemli gelişmelerden biri olmuştur. Japon firmalarının da bu teknoloji ile ilgilenmeye başlamaları ile birlikte PLC pazarı hızlı bir yükselişe geçti. Günümüzde ise PLC'ler lojik kapıları işlemlerin yanı sıra, aritmetik ve özel matematik işlemlerinin yapılmasını sağlama noktasına gelmiş bulunmaktadır.

Endüstriyel otomasyon sistemlerinde kullanılmak üzere özel elemanlarla donatılmış PLC'ler, basınç, seviye, var/yok gibi sensörlerden gelen verileri ve buton gibi lojik bilgilerini giriş olarak, kontaktör, vana, pnömatik piston ve sürücü motor gibi elemanlarından çıktı olarak alabilmektedir. Şekil 2.6'da PLC'nin günümüzde geldiği işleyiş şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.6 PLC'nin genel yapısı

Kısaca bahsetmek gerekirse, bir çeşit mikroişlemci olan CPU sistemin beynidir. Tasarlanan sistemin istenilen işlevi görmesi için üretilen kod işlemciye kaydedilir. İşlemci PLC'nin girişine bağlanmış olan algılayıcılardan gelen bilgileri okur ve üzerine yazılan programı koşturur. Programın koşturulmasından çıkan sonuca göre ise çıkış terminallerine bağlanan elemanları harekete geçirir veya durdurur. Girişe beslenen algılayıcılara örnek olarak optik sensör, sıcaklık sensörü gibi daha birçok sensör çeşidi verilebilir. Çıkış terminaline bağlanan elemanlara ise selenoid vana, motor, sinyal lambası gibi cihazlar örnek verilebilir.

Yazılım şekli olarak kullanılan ladder diyagramının formatı tıpkı bir kumanda sistemini andırmaktadır. Komutlar sembollerle ifade edilir. Komut adresleri ise sembollerin üzerinde bulunan harf ve rakamlarla gösterilir.

Bilgisayar üstünde tamamlana yazılım derleyiciden geçtikten sonra hata varsa bulunur ve düzeltilir. Hata bulunmayan kod ise PLC'ye yüklenerek çalışmaya hazır konu gelinir.

Röle devreleri ile çok büyük benzerlik gösteren PLC ladder devreleri, PLC'nin yerini aldığı kumanda devrelerinden PLC'ye geçişleri kolay şekilde gerçekleştirmeyi sağlamaktadır. Bu sebepten röle sisteminden oluşan bir kumanda devresinden PLC'ye geçiş yapmak gayet kolaydır. Fakat kontaktörlerden oluşan bir röle devresi ile aynı amaçta yapılan bir PLC devresi bu iki mantığın arasındaki yapısal farklardan dolayı farklı çıktılar verebilir. PLC'lerde mantık sırasına göre işleyen sistem röleleri bu sıraya göre harekete geçirirken, kontaktörlü bir kumanda devresinde her röle veya kontaktör eş zamanlı hareket eder.

Buradan yola çıkarak PLC'nin ve klasik kumanda sistemlerine göre birkaç avantajını sıralayabiliriz. Bunlardan ilki aynı PLC'nin farklı makinalarda kullanılabilmesidir. Kontrol sistemi olan her makinanın kendine özgü bir sistematiği vardır. Bu sistematik için geliştirilen klasik bir kumanda devresinin başka bir sisteme modifiye edilmesi mümkün değildir. Halbuki belli bir sistem için tasarlanan PLC, bilgisayar üstünden yazılımı ile oynayarak çok daha farklı bir sisteme modifiye edilebilir.

Bir diğer avantajı ise test konusundadır. Kontrolü sağlanmak istenene sistem için yazılım kodu daha yazım aşamasında basit yazılım hataları bulunarak düzeltilmeye olanak sağlar. Yazılım mantığı açısından hata bulunmayan program laboratuvarında veya çalışma ortamında test edilebilir. Bilgisayar ortamında koşturulabilen PLC

programı sistem gerçekte çalışıyormuş gibi izlemeye olanak sağlar ve bu sayede doğru yada yanlış çalışmalar anında tespit edilir. Bu aşamalar hata bulma aşaması ile geçen sürede büyük bir zaman tasarrufu sağlar. PLC’de durum böyle iken klasik kumanda sistemleri ise test için fabrika ortamına ihtiyaç duyar ve her hatada sistemin baştan yapılması gerekir. Dahası PLC’li kontrolüne sahip sistem çalışma aşamasında bile hata ikazları ile operatörü uyarabilir.

Milisaniye seviyesinde uyarı ve çalışma hızı sahip olan PLC’ler bu açıdan da klasik kumanda devrelerine büyük üstünlük sağlar. PLC’nin yapısında bulunan yarı iletkenler ve zamanlayıcılar rölelere göre daha güvenilirler ve aynı zamanda çok daha az yer kaplarlar. Bu sebepten PLC kontrolüne sahip bir makinanın panosu klasik röle devrelerinden oluşan bir makinanın panosuna göre çok daha az yer kaplar. Son olarak ise düşük voltaj değerleri ile çalışan PLC enerji tüketimi açısından da klasik kumanda devrelerinden üstündür.

Bu avantajlardan yola çıkarak otomasyon sistemlerinde PLC’nin tercih edilmesine neden olan faktörleri aşağıda ki gibi sıralayabiliriz;

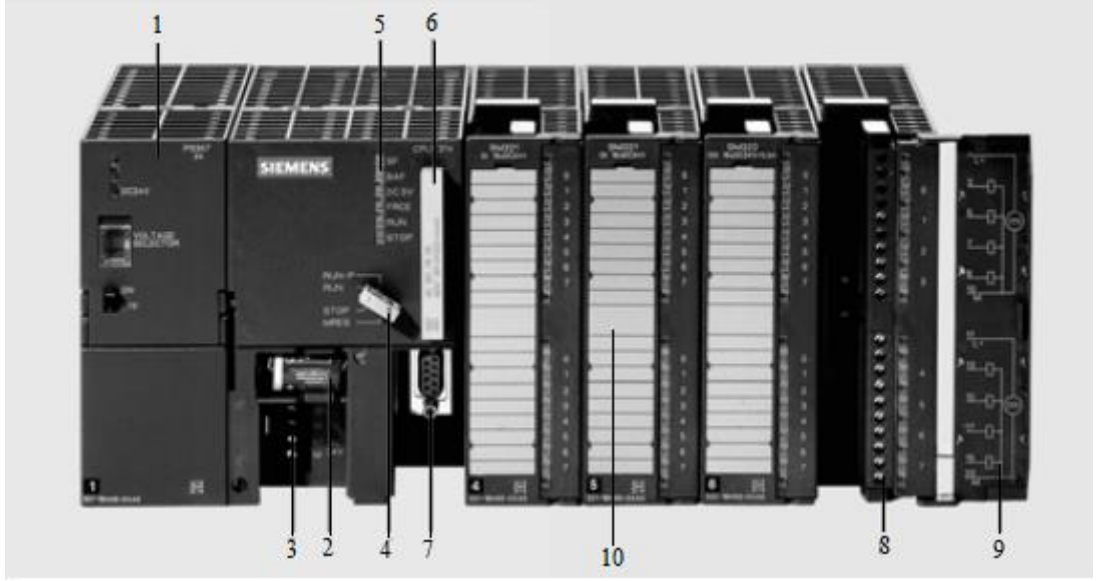
- Kolay tasarım olanağı,
- Kolay modifiye edilebilmesi,
- Az yer kaplaması,
- Yüksek güvenilirlikte olması,
- Kolay bakım olanağı,
- Kötü çevre koşullarına (toz gibi) dayanıklı olması,
- Enerji tasarrufu sağlaması.

PLC’nin kullanıldığı otomasyon sistemlerine örnek olarak, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirici sistemler, taşıma tesisleri, petrol dolum ve yıkama tesisleri, robotik, asansör sistemleri, paketleme ve ambalaj makinaları gibi sistemler verilebilir. Şekil 2.7’de bu sistemlere görsel olarak örnekler verilmiştir.



Şekil 2.7 PLC kullanım alanlarına örnekler

Tezin konusu olan sepet yıkama ve salamura dolum makinasında ise SEIMENS'in S7-300 modeli kullanılmıştır. Orta performansa sahip olan S7-300 ek modülleri ile sorunsuz genişleme olanağı sunmaktadır. MPI, Profibus ve endüstriyel ethernet gibi haberleşme ağlarına bağlanabilir ve farklı üst düzey programlama şekilleri ile programlanabilir [12]. Şekil 2.8'de gösterilen SEIMENS S7-300 modeli gösterilmiştir.



Şekil 2.8 SIEMENS S7-300

Şekil 2.8’de PLC’nin üstünde numaralandırılan bölümler aşağıda açıklanmıştır.

- 1- Güç kaynağını temsil eder. PLC modüllerinin güç ihtiyacını karşılar,
- 2- İşlemcinin yedek bataryası, ani güç kesilmesinde bilgi kaybını önler,
- 3- 24V DC bağlantı,
- 4- Mod anahtarı,
- 5- Durum ve hata LED’leri,
- 6- Hafıza kartı,
- 7- MPI (Multi-Point Interface), olarak geçen giriş,
- 8- Ön konektör,
- 9- Ön kapak,
- 10- Giriş ve çıkış modülleri.

Seimens S7-300 PLC modeli 32 modül kapasitesine sahiptir. Maksimum dört raya sahip olan bu PLC’nin her rayına sekiz adet sinyal modülü eklenebilir. Her sinyal modülü 32 bit veri içerir ve tüm modüllerin kullanımı halinde toplam 1024 bitlik veri işleyebilme kapasitesine sahip olur. Giriş portlarına gelen bilgi merkezi işlemciye(CPU) gelmeden önce görüntü belleğine yazılır daha sonra iki kısımdan oluşan merkezi belleğe gelir. Merkezi belleğin ilk kısmı ROM’dur. İsmi İngilizce ‘Read Only Memory’ kelimesinden gelen bu bellek sadece bilgileri okuma işlemini

yapar. İkinci bellek ise İngilizce Random Access Memory kelimelerinden oluşan RAM'dir. Bu bellek işlenmesi istenilen bilgiyi barındırır. RAM kısmı da kendi içinde programın yazıldığı (Load Memory) kısım ve programın çalıştırıldığı (work memory) kısım olarak ikiye ayrılır. CPU kısmının üstündeki kısımlar Şekil 2.14'te açıklanmıştır [12]. Şekil 2.9'da ise işlemcinin üzerindeki LED ışıkların manası aşağıda açıklanmıştır.



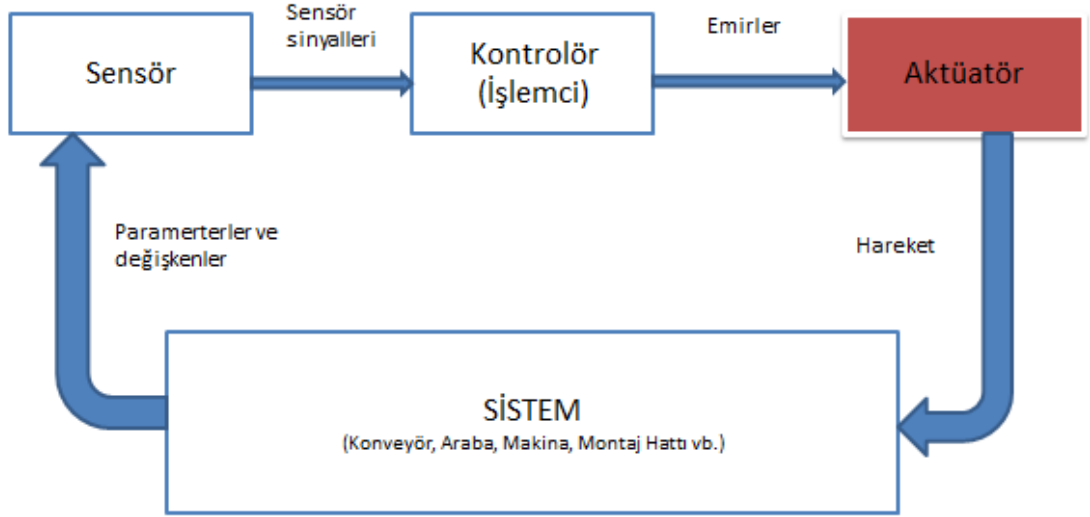
Şekil 2.9 S7-300 üzerindeki LED ışıklar

- SF: Grup hatası, CPU ya da modüllerde hata olduğunu göstergesidir
- BATF: Batarya hatası, bataryanın gerilim seviyesini düşük olduğunu ya da bataryanın olmadığını gösterir,
- DC5V: 5 volt DC sinyali,
- FRCE: Bir ya da birkaç giriş veya çıkış portunda sıkıntı olduğunu gösterir,
- RUN: İşlemci çalışmaya başlarken yanıp söner, çalışırken ise sürekli yanar,
- STOP: Durma durumunda sürekli yanar, hafızayı sıfırlama sırasında ise yavaş yanıp sönerken işlemin bitişyle hızlı yanıp sönmeye başlar.

2.3 Aktüatörler

Aktüatörler kontrol sisteminin çıkış kısmında kullanılan elemanlardır. İngilizce 'actuator' kelimesinden çevrilen bu eleman Türkçede aktüatör, son kontrol elemanı, çalıştırıcı, kumanda edici gibi çeşitli kelimelerle ifade edilmiştir. Temel olarak aktüatör, farklı çeşitleri olan enerji kaynaklarından aldığı enerjiyi hareket enerjisine dönüştüren cihazdır. Şekil 2.10'da aktüatörlerin kontrol sistemi üzerindeki yeri gösterilmiştir. Şekilden de alışılagâhi üzere sensörün sistemden okuduğu verileri işlemciye ulaşmasından sonra işlemciye yüklenen programın bu verilere göre koşturulması ve yapılması gereken işlemlerin belirlenmesi ile aktüatörün kontrol

sistemindeki görevi başlar. İşlemciden gelen komutlara göre çalıştırılan aktüatörler sistemin kontrolünün sağlanması için gerekli tüm hareketleri gerçekleştirir. Hareket enerjisini üretmek için kullandığı farklı enerjilere göre ayrılan aktüatörler temelde elektrik, hidrolik ve pnömatik olarak üç farklı grupta incelenebilir.



Şekil 2.10 Aktüatörün kontrol sistemimdeki yeri

2.3.1 Elektriksel aktüatörler

Elektriksel aktüatörler elektromekanik cihazlardır (motorlar). Bu cihazlar elektrik enerjisini kullanarak hareket enerjisi oluştururlar. Bu cihazlar elektrik akımı, elektrik yükü ve manyetik akı özelliklerini kullanarak hareket üretirler. Manyetik alandan geçen akım bir kuvvet oluşturur ve bu oluşan kuvvet rotasyonel hareket ortaya çıkarır [9].

Kontrol sistemlerinde tıpkı bu cihazlar gibi elektrik kullanarak çalıştıkları için elektriksel aktüatörlerin kontrol sistemlerine modifiye edilmesi oldukça kolaydır. Elektrik enerjisine ulaşım çok kolay olması, bu aktüatörün diğerlerinin çalışabilmesi için gerektirdiği pompa veya kompresör tarzı ekstra aletlere ihtiyaç duymaması ve bunun gibi daha bir çok avantajı olan elektriksel aktüatörler kontrol sistemlerinde en çok kullanılan çeşittir. Elektriksel aktüatörlerin avantajlarını sayacak olursak;

- Elektriğin beslenmesi kablolama sayesinde kolay ve zahmetsizdir, diğer sistemler gibi borulama gerektirmezler,
- Elektrik birimleri ile kolayca kontrol edilebilir,

- Temizidir,
- Genelde oluşan hataların bulunması daha kolaydır.

Tabi ki artıları olduğu gibi eksileri de olan bu cihazların dezavantajları aşağıda sıralanmıştır;

- Elektrik sistemleri diğer sistemlere göre daha fazla yangın riski taşır,
- Yangın riskini azaltmak için özel olarak yapılan malzemeler maliyeti artırır,
- Düşük hız ve tork karakteristiğine sahiplerdir,
- Hep dairesel hareketler üretirler,
- Dairesel hareketten diğer hareket türlerine geçmek için kompleks sistemlere ihtiyaç duyarlar.

Kontrol sistemlerinde kullanılan elektriksel aktüatörlerin en önemlisi elektrik motorlarıdır. Elektrik motorları üç farklı grupta incelenir. Bunlardan ilk olarak inceleyeceğimiz DC motorlardır. Doğru akım kullanarak çalışırlar. Bu motor türü en geniş kullanım alanı olan motordur. Bu dönüştürücü hız ve dönüş açıları ölçümleri yapılmasına olanak sağlar. Adından da anlaşıldığı gibi doğru akım yani sabit akım değeri kullanırlar [13].

Genel olarak DC motorlar uygulamalarda servo motor şeklinde görülür. Bir çeşit DC motor olan servo motor, normal DC motorlardan farklı olarak bir dönüştürücü barındırır. Bu dönüştürücü motor sistemini izleyerek pozisyon ve hız bilgisinin alınmasını sağlar.

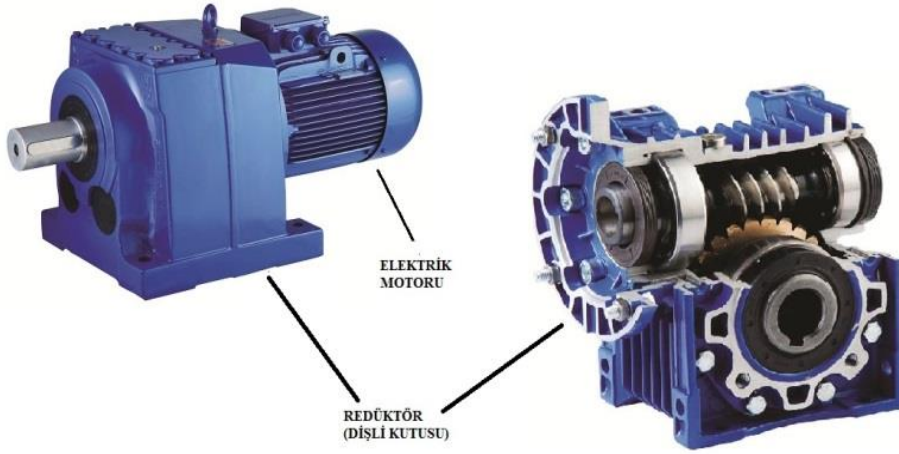
Diğer bir elektriksel aktüatör çeşidi ise AC motorlardır. Adından da anlaşıldığı üzere DC motorun aksine bu motor türü alternatif akımla yani değişken akımla çalışır. AC motorlar tek fazlı ve çok fazlı olmak üzere iki sınıf olarak sınıflandırılır ve bu iki sınıf senkron ve asenkron isimleri ile incelenir. Endüvi, endüktör gibi DC motorlardaki elemanlara benzer elemanlardan oluşur. AC motorlar endüktöre göre dönen bir manyetik alan oluşturur ve bu manyetik alanla beraber endüvinde dönmesi için manyetik kuvvetlerden faydalanır. Senkron motorlarda manyetik alan endüviye göre sabittir ve bu sebepten endüvi manyetik alan ile aynı hızda döner. Asenkron motorlarda ise manyetik alan endüvinin endüktörün manyetik alanında dönmesinden elde edilir [13].

Asenkron motorlar günümüz ekonomisinde en çok kullanılan AC motordur. Bu motor türü sağlam, kuvvetli ve üretimi çok ucuzdur. Birkaç beygirden yüzlerce beygire kadar güç gerektiren ve değişken hız ihtiyacı olmayan uygulamalarda kullanılır. Senkron motorlar ise günümüzde kompleks yapıları ve ekstra olarak uyarıcılar gerektirdiği için asenkron motorlar kadar sık kullanılmazlar. Fakat çok güç gerektiren uygulamalarda verimlilik açısından büyük boyutlu senkron motorlar asenkron motorlar yerine tercih edilebilir.

AC motorlar sabit frekanslı alternatif gerilimlerle çalışırlar ve neredeyse sabit hızla dönerler. Fakat ayarlanabilir frekanslar uygulandığı zaman ise hız kontrolü sağlanabilir. Bu durum AC motorlarda farklı hız kontrolü şekilleri doğurmuştur. Bunlarda birisi ayarlanabilir hız sürücüleridir. Motorlar çeviricilere birleştirilerek değişken frekans üretimi sağlanır ve motorun dönüş hızı frekansla doğru orantılı olarak değişir. Bir diğer yöntem ise vektörel kontrol yöntemidir. Bu yöntemde iç akının konumu tahmin edilir ve o akıya optimum şekilde uyum sağlayacak akım üretilir [9].

Genelleme yapacak olursak AC motorlar sabit hız ve yüksek güç gerektiren uygulamalarda kullanılır. Bu tür motorlar aç/kapa tarzında kontrol edilir. Son zamanlarda ise değişken hız kontrolü olan AC motorlarında kullanımı artmaya başlamıştır.

Sepet yıkama ve salamura dolum makinesinde da elektriksel aktüatör olarak redüktörlü elektrik motorları kullanılmıştır. Uzun bir konveyör bandı olan bu makinada toplam 9 adet redüktörlü elektrik motor ile konveyörün hareketi sağlanmaktadır. Bu elektrik motorunda normal motorlarından farklı olarak bir dişli sistemi bulunmaktadır. Motorun çıkış kısmına yerleştirilen bu dişli sistemi, elektrikli bir motorun çıkış değerlerini ihtiyaca göre değiştirmeyi sağlar. Motorun çıkışındaki değerleri değiştiren bu dişli sistemine redüktör adı verilir ve motorun adı da buradan gelmektedir. Redüktörler dişli çark, mil ve yataklardan oluşur. Redüktörlerin kullanım amaçları, farklı dönüş yönleri elde etmek, hareket ve güç iletmek, az bir güç ile büyük momentler elde etmek ve döndürülen iki eleman arasında bağımsız hareket sağlamak olarak sıralanabilir. Şekil 2.11’de bir redüktörlü motor ve redüktör kutusu gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Redüktörlü elektrik motoru

Redüktörlü motorlar çıkış millerine göre, mil bağlantılarına göre, dişli çeşitlerine göre ve bağlantı şekillerine göre dört farklı gruba ayrılır. Tezin konusu olan makinada Nord Drivesystem markasını SK1SI63D ve SK93672.1AD modeli redüktörler kullanılmaktadır.

Redüktör dışında kullanılan bir diğer aktüatör ise pompalar. Sepet yıkama kısmında yıkama suyunun pompalanması amacı ile EBRA firmasının 3LM 40-200 serisi, tek bloktan oluşan pompaları kullanılmıştır.

2.3.2 Hidrolik aktüatörler

Hidrolik aktüatörler sıkıştırılamayan akışkanların debisini veya basıncını kullanarak hareket üreten sistemlerdir. Bu sistemlerde akışkan olarak yağ kullanılır. Yağın basınçlandırılması ise elektrik ile sürülen pompalar sayesinde olur. Sıkıştırılamaz akışkan kullanımının avantajı olarak bu sistemler kuvvet, pozisyon ve hız kontrolü anlamında oldukça kullanışlıdır. Bir başka avantajı ise çok büyük yükleri küçük enerjiler harcayarak taşıya bilmesidir. Sızdırma ve bakım ise bu aktüatörlerin en büyük dikkat gerektiren noktalarıdır [13]. Bir hidrolik aktüatörün elemanlarını sıralayacak olursak;

- Sıkıştırılamaz akışkan- gücün sistemde iletimini sağlar,
- Pompa- Girişe verilen elektrik enerjisini hidrolik basınca çevirir,
- Vana- akışkanın yönünü, akışını ve basıncını kontrol etmekte kullanılırlar,

- Hortum, boru ve fitting- bu elemanlarda sıvının sistemde dolaşmasını sağlar.

İşleyişi kısaca anlatmak gerekirse, elektrik motoru ile çalışan pompa tanktan aldığı yağı vanalar üzerinden borular vasıtası ile basmaya başlar. Daha sonra gelen basınç kontrol vanası basınçlandırılmış yağın basıncının güvenilir noktadan uzaklaşmasını önler ve oradan geçen basınçlı yağ akümülatöre gelir. Akümülatörün görevi ise yağ basıncındaki dalgalanmaları giderip pürüzsüz bir akış sağlamaktır.

Hidrolik sistemler genelde iki farklı şekilde görülür. Bunlardan ilki hidrolik silindirlerdir. Bu sistem silindirin içinde çubuğa bağlı bir pistondan oluşur. Çubuk mekanik bir şekilde yüke bağlıdır. Silindir ise iki farklı şekilde olur. Bunlardan biri tek hareketli diğeri ise çift hareketli pistonlardır. Tek yönlü pistonlar tek yönde hareket eder ve ilk pozisyonuna geri dönmek için dışardan bir kuvvet veya yay kullanırlar. Çift yönlü pistonlarda ise iki yönde de hareket sağlanabilir [9].

Bir diğer hidrolik aktüatör sistemi ise hidrolik motorlardır. Bu motorlar tıpkı hidrolik pompalar gibi çalışırlar. Dişli, vana ve pistondan oluşan kasnak ve dişli sistemini hareket üretmek için kullanır ve bu sistem de pistonla çalıştırır.

Genel olarak hidrolik aktüatörlerin avantajlarını çok büyük kuvvetlerde kullanışlı olması ve patlayıcı ortamlarda güvenilir olmasıdır. Dezavantajlarını ise pahalı servo sistemleri gerektirmesi, ağır olmaları ve çok bakım gerektirmeler olarak sıralayabiliriz.

2.3.3 Pnömatik aktüatörler

Pnömatik aktüatörlerde tıpkı hidrolik aktüatörler gibi akışkan sistemi kullanılarak çalıştırılan sistemlerdir. Farkı ise, hareket üretmek için sıkıştırılamayan akışkan değil sıkıştırılabilir akışkan olan hava kullanılmasıdır. Düşük çalışma basınçları olan bu sistemlerin yük taşıma kapasiteleri nispeten daha azdır. Bu sistemlerde hava kullanıldığı için geri dönüş hatlarına gerek duyulmaz ve fazla hava çevreye bırakılabilir. Pozisyon, hız ve kuvvet kontrolü, havanın kullanılması ve havaya ait denklemlerin lineer olmamasından dolayı çok zordur. Fakat bu duruma rağmen çok fazla avantajı olan pnömatik aktüatörler montaj makinalarından preslere, ambalaj makinalarından sensörlere kadar çok geniş kullanım alanına sahiptir. Bu aktüatörün elemanlarından bahsedecek olursak ilk olarak akla hava gelir. Hava sistemdeki güç aktarımını sağlar. Diğer bir önemli eleman ise kompresörlerdir. Bu cihazlar elektrik

enerjisinden basınçlı hava üretirler. Basınçlı hava işleme cihazları filtre, basınç regülatörü ve yağlayıcı gibi alt elemanlardan oluşur. Son olarak sayacağımız elemanlar ise tıpkı hidrolik sistemlerde olduğu gibi basınçlı havanın transferini sağlayan fittingler borular ve hortumlardır.

Genel olarak pnömatik sistemlerinin dezavantajları ve avantajları aşağıda sıralanmıştır.

Avantajları;

- Pnömatik sistemlerin yapısı ve elemanları ucuz maliyettedir,
- Montaj ve bakımları kolaydır,
- Kullandığı basınçlı havada patlama ve yanma gibi riskler bulunmaz ve daha sonra kullanılmak üzere depolanabilir,
- Bu sistemlerde yüksek performans hızlarına ulaşılabilir.

Dezavantajları;

- Basınçlı hava sistem elemanlarına zarar vermemesi için ön işlemten geçmeyi gerektirir,
- Düşük kuvvetler üretir,
- Sistemde kullanılmış ve dışarı atılması gereken hava gürültü oluşturur.

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının çalışma mantığının gerektirdiği sıvı kontrolü adımlarımda kullanılmak üzere Pentair firmasının SÜDMO kelebek vanalar kullanılmıştır. Seçilen bu ürünün zorlu ortam koşullarına dayanıklı olması ve ıslanmaya yönelik parçalarının paslanmaz malzemelerden yapılmış olması gibi avantajları vardır. Ayrıca bu ürün vana diski ve conta arasındaki sürtünme oranını çok büyük ölçüde düşürerek daha uzun conta ömrü sunar ve bakım aralıklarını arttırır. Şekil 2.12’de Pentair firmasının SÜDMO kelebek vanası gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Pentair sūdmo kelebek vana

Bir başka pnömatik sistem ise konveyör değiştirme işleminde sepetlerin ana konveyörle bağlantısının kesilmesinde kullanılan pnömatik körüklü silindirdir. Bu işlem için Şekil 2.13'te gösterilen Festo firmasının EB-165-65 model körüklü silindiri kullanılmıştır. Küçük bir konveyör sisteminin alt kısmına yerleştirilen bu silindir, hava kontrolü ile birlikte şişerek platforma yükseklik kazandırır.



Şekil 2.13 FESTO EB-165-65 körüklü pnömatik silindir

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasında konveyörde ilerleyen sepetlerin peynir dolumu kısmına kontrollü beslenmesini sağlamak ve salamura dolumu sırasında gerekli süre boyunca durdurulma işlemlerinde pnömatik pistonlar kullanılmaktadır. Bu amaç için Festo firmasının CRDSNU-25-25-PPV-4 model paslanmaz çelik pistonları kullanılmıştır. Şekil 2.14'te gösterilen bu model en temel pnömatik pistondur. Modelin adında kullanılan ilk sayı olan “25” pistonun çapını belirtirken ikinci sayı olan “25” ise piston çubuğunun maksimum uzunluğunu belirtmektedir.



Şekil 2.14 Festo CRDSNU

Aktüatör kısmında son olarak üç farklı çeşit olan elektriksel hidrolik ve pnömatik sistemleri Çizelge 2.1’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.1 Aktüatör çeşitlerinin karşılaştırılması

	Elektrik	Hidrolik	Pnömatik
Akışkan Hızı	300.000 km/s	4-6 m/s	50-100 m/s
Silindir Hızı	-	0,2 m/s	1-2 m/s
Depo Edilme	Az	Az	Yüksek
Geri Dönüş	Var	Var	Yok
İletilen Kuvvet	≥ 3000 kg	≤ 10.000 kg	≤ 1200 kg
Çalışma Ortamı	Temiz	Kirli	Temiz
Çalışma Basıncı	110-380 V	5-700 bar	8-6 Bar
Enerji Taşıma Mesafesi	Sonsuz	100 m	1000 m

2.4 Taşıma Sistemi

Üretim hatlarındaki ürünler üretim süreci boyunca farklı işlemlere maruz kalmaktadır. Bu işlemler istasyonlar şeklinde sabit tutulurken ürün bu istasyonlar arasında gerekli sıra ile ilerlemektedir. Taşınan ürünü bir yük olarak tanımlarsak hareket, miktar, zaman, yer, kullanım alanı gibi faktörleri barındıran yükün taşınmasını ve depolanmasını sağlayan işlemler taşıma sistemi olarak tanımlanabilir. Bu manada geçmişten günümüze endüstriyel hatlarda ürünün güvenilir bir şekilde en kısa yoldan minimum enerji sarfıyatı ile taşınması için çeşitli taşıma sistemleri

üretilmiştir. Endüstride ürün çeşitliliğinin çok fazla olması bu ürünler için yapılan taşıma sistemlerinin sınıflandırılmasını güç kılmaktadır. Her taşıma sistemi ürüne göre özel tasarımlar barındırır. Çalışma ilkeleri dikkate alınarak bir sınıflandırma yapmak gerekirse taşıma sistemlerini sürekli taşıyıcılar (konveyör) ve kesikli taşıyıcılar (kaldırma makinaları) olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür.

Konveyör, bir üretim veya transfer hattında ürünü/yükü sabit bir hat üzerinde iki nokta arasında yığınlar şeklinde veya tek tek, tek ya da çift yönlü taşıyan sabit veya portatif araçlardır. Konveyörler farklı karakteristikteki üretim ve transfer işlemlerini bir akış şeması üzerinde birleştiren bağlayıcı ve bütünleştirici ekipmanlardır. Bu özelliklerinden dolayı sistemin daha etkin ve daha verimli çalışmasını sağlarlar. Temelde zincir, rulo ve bant olmak üzere üç şekilde görülürler. Bu çeşitler kullanıldığı sektörün ihtiyaçlarına göre daha spesifik ve özel şekiller alabilirler. Özel ve spesifik tasarım gerektiren sektörlere örnek olarak otomotiv sektörü verilebilir. Çok büyük yüklerin uzun hatlarda taşındığı bu sektörde yer konveyörleri ve hava konveyörleri gibi değişik tasarımlar vardır.

Sık olarak rastlanan ortak konveyör sistemlerinden biri rulo konveyörlerdir. Bu konveyörlerde tahrik sistemi dikkate alınmaksızın ruloların üzerinde yük taşınabilir. Çalışma ilkelerine göre güç alan ve avare rulo olmak üzere iki gruba ayrılır. Güç alan konveyörlerde rulolar birbirlerine zincir veya kasnak sistemi ile bağlıdır ve dışardan güç verilerek döndürülür. Yük bu dönen ruloların üstünde sürtünme kuvveti ile ilerler. Diğer çeşit olan avare rulolar ise dışardan bir kuvvet tarafından itilmezler ve birbirlerine bağlı değildir. Serbest olan bu rulolar üstündeki yüke kuvvet uygulanması ile yükün ufak bir kuvvetle kolayca ilerlemesi sağlanır. Genelde yüke uygulanan kuvvet konveyör sistemine verilen eğim ile sağlanır. Şekil 2.15’de rulo konveyörlere bir örnek gösterilmiştir.

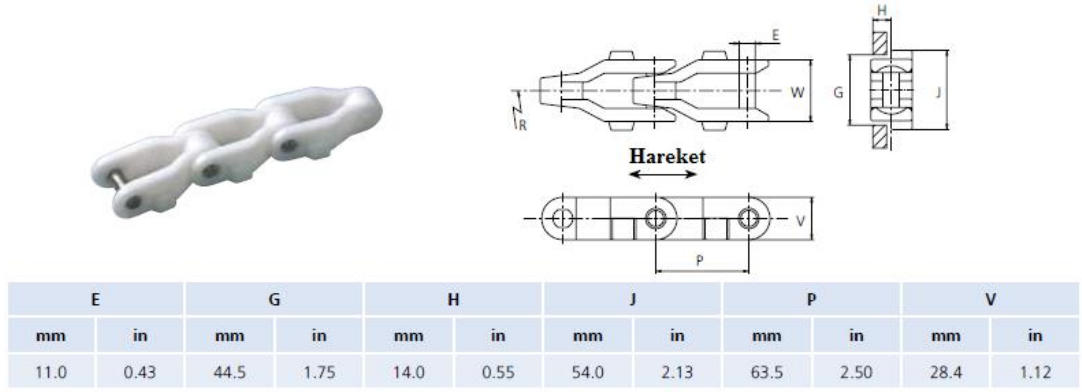


Şekil 2.15 Rulo konveyör

İkinci sık rastlanan konveyör çeşidi ise zincirli konveyörlerdir. Bu konveyör sisteminde hareket motora bağlı sonsuz bir zincirle sağlanır. Bu sistemde yükler zincir üzerinde yürütülür. Zincirli konveyör sistemlerinde özel olarak yapılan bir akümülayon sistemi normal zincirli konveyöre göre konum kontrolü yapabilme imkanı sağlar. Özel zincir tasarımı ile oluşturulan bu konveyör çeşitli gereksinimleri karşılar fakat nispeten fazla maliyet getirir. Rulo ve zincirli konveyör sistemlerinin ortak olarak kullanıldığı uygulamalarda çok sık rastlanmaktadır. Bu tür sistemler üretim veya taşıma hattındaki yön değiştirme ihtiyaçlarında kullanılır. Bu sistem döner tabla ve ekstra konveyör gibi çözümler yerine daha ucuz bir çözüm sunar.

Sık görülen konveyör sistemlerinden üçüncü ve son olanı bantlı konveyörlerdir. Bu konveyörler taşıma gücünü tahrik motoru ve germe sistemi arasında yer alan genelde plastik türü malzemelerden yapılan sonsuz bir bandı döndüren elektrik motorundan alır. Bu konveyör türünde sürtünme fazla olması bazı dezavantajlar doğurabilmektedir. Bu konveyörlerde kullanılan bant türleri dokuma bantlar ve çelik telli bantlar olmak üzere iki farklı grupta incelenebilir.

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasında yükün hareketi konveyör sistemi ile sağlanmaktadır. Yıkama ve salamura dolum kısmında zincir tipi konveyör kullanılan bu sistemde, sepete peynirin konulmasından sonra ise salamura dolum hattına geçiş için rulo tipi konveyör kullanılmaktadır. Zincirli konveyörün temini Ameraal Bletch firmasından yapılmıştır ve bu firmanın Uni 260 serisi Tab O tipi zinciri kullanılmıştır. Şekil 2.16’da zincir modelinin detayları ve rulolar gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 2.16 Sepet yıkama ve salamura dolum makinası konveyör sistemleri (a) Zincir tipi, (b) Rulo tipi

2.5 Şase ve Kaynak Yöntemi

İnsan sistemiyle büyük benzerlik gösteren otomasyon sistemlerinin bir diğer elemanı olan şase, insan vücudunda iskeletin yaptığı taşıma görevinin otomasyon makinalarında yapan kısımdır. Bu yapı tüm işlem ve fonksiyonları üstünde barındırır ve aktüatör ve sensör gibi makine elamanlarını işlevsel bir şekilde taşır. Genelde şase malzemeleri çelikten veya alüminyumdan seçilir. Bu iskelet yapının parçalarının birleştirilmesinde mekanik elemanlar kadar kaynak yöntemi de oldukça sık kullanılır. Kullanılan malzemeye göre kaynak yöntemlerinde çeşitlilik gösterir.

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının şase imalatında AISI 316 kalite paslanmaz çelikten oluşan 40x40 mm kutu profil kullanılmıştır. Bu paslanmaz türü çok sık kullanılan 304 kalite paslanmaz çeliğini içerisine mobilen ve nikel bileşenlerinin arttırılması ile oluşturulmuştur bir paslanmaz çelik kalitesidir. AISI 316 kalite paslanmaz çelik mobilen ve nikel bileşenleri sayesinde tuzlu suya ve asidik sıvılara karşı bile çok büyük korozyon dayanımı gösterir. Salamura sıvısını tuzlu olması ve yıkama kısmında asidik özellikte sıvı kullanılmasından dolayı bu özelliği oldukça önem taşımaktadır. Dahası bu paslanmaz çeşidi kopma dayanımı

açısından da diğer paslanmaz kalite çeşitlerinden çok daha iyidir. Ayrıca kaynak işlemlerine de uygun özellikler gösterir. Aşağıda verilen Çizelge 2.2’de AISI 316 kalite çeliğin kimyasal bileşenleri ve Çizelge 2.3’te bu türün mekanik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 316 Kalite paslanmaz çeliğin kimyasal bileşenleri [14]

Kalite	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
316	0.08 Max	2.0	0.045	0.030	1.0	16.0-18.0 arası	10.0-14.0 arası	2.0-3.0 arası

Çizelge 2.3. 316 Kalite çeliğin mekanik özellikleri [14]

Kalite	Kopma Mukavemeti	Akma Mukavemeti	Sertlik, Rockwell (B)
316	515 MPa	205 MPa	95

Makinanın iskeleti oluşturulurken elemanları birleştirmekte kullanılan yöntem olan kaynaktan bahsetmek gerekirse; kaynak, malzemelerin ilave malzeme kullanarak veya kullanmadan ısı veya basınç yöntemi ile birleştirilmesidir. Bu yöntem genellikle metal ve termo plastik malzemeler için kullanılır. Genel mantık olarak birleştirilecek iki malzememin eritilmesi ve birleştirildikten sonra soğuma ile birlikte birleşmiş olarak eski hallerine dönmesi şeklinde düşünülebilir. Kullanılan eritme yöntemleri ve çeşitli yardımcı elemanlara göre farklı kaynak çeşitleri mevcuttur. Bu yöntemlerden bazılarını sıralayacak olursak;

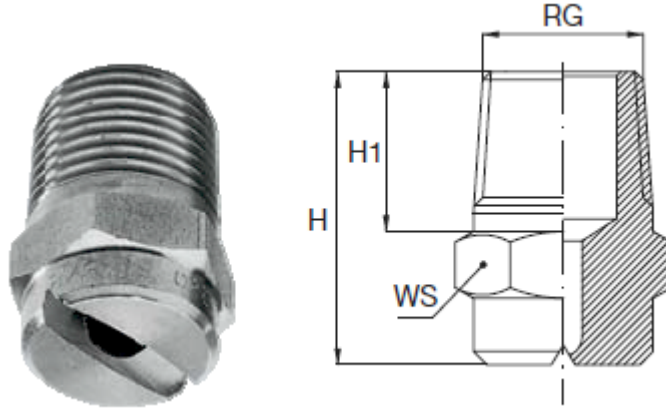
- Elektrot Ark Kaynağı
- Elektrik Direnç Kaynağı
- Oksi Asetilen Kaynağı
- Gaz Altı Kaynağı
- TİG Kaynağı
- Toz Altı Kaynağı

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının şase imalatında ise TİG kaynağı yöntemi kullanılmıştır. Bu kaynak yöntemi adını kullandığı gaz olan Tunsten İner gazının baş harflerinden alır. Bu kaynak yönteminde tunsten elektrot kullanılarak kaynak edilecek parça arasında elektrik arkı oluşturulur. Arkın olduğu bölgeye argon veya helyum gazı üflenerek bölgenin korunması sağlanır. Bu işlem sırasında tunsten elektrot erirken kaynak işlemi yapılacak malzemenin de erimesi gerçekleşir ve birleştirme işlemi sağlanır. Bu yöntemde birleştirilecek malzemelerin kendileri kullanıldığı gibi benzer yapıya sahip çubuk şeklinde bir malzemede kullanılabilir. TİG kaynağının avantajları arasında her pozisyonda kaynak yapabilme, iş parçasında düşük deformasyon, düzgün kaynak dikişi elde etme, kaynak dikişinin temizlenmeye gerek olamaması, sürekli, aralıklı ve nokta şeklinde kaynak yapmaya uygunluk gibi birçok madde sayılabilir [15].

2.6 Nozul

Nozul, akışkan mekaniğinin özelliklerinden faydalanarak sistemde kullanılan sıvılara istenilen hız, şekil ve püskürtme özellikleri veren parçadır. Nozullar pirinç, naylon, paslanmaz çelik, işlenmiş paslanmaz çelik ve seramik gibi çok farklı malzemelerden üretilir. Farklı malzemeler göre farklı karakteristikler gösterirler. Mesela paslanmaz çelikten yapılan bir nozul uzun ömürlü olurken pirinç veya naylondan yapılan nozullar daha düzgün bir uçuş yolu sağlar. Tarım sektöründe sulama ve ilaçlama, güvenlik sektöründe yangın söndürme ve sanayi sektöründe farklı makina gereksinimlerini karşılamakta kullanılan bu malzemeler her sektör için temelde aynı ama işlevde farklı gereksinimleri karşılamaktadır. Bu farklı işlevlerden dolayı nozullarda farklı kategoriye ve çeşide ayrılmıştır. Bu çeşitlere örnek olarak, düz yüzey nozulu, eşit düz yüzey nozulu, uzun mesafe nozulu ve kaşık merkezli nozul örnek olarak verilebilir [16].

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasında ise sepet yıkama kısmında nozul kullanılmıştır. Yıkanan sepetlere, yıkama suyunu ve kimyasalını düzgün bir şekilde ve uygun bir şiddet püskürtmek için nozullardan faydalanılmıştır. Kullanılan nozul FTR JBM 1780 B1 model düz yüzey jet nozuludur. Şekil 2.17’de söz konusu nozul tipi gösterilmiştir.



Şekil 2.17 FTR JBM 1780 B1 nozul

Çizelge 2.4'te ise nozulun teknik resminde gösterilen kısımlar verilmiştir.

Çizelge 2.4 Nozul parametreleri

Kod	Çap(in)	H (mm)	H1(mm)	WS(mm)	W(gr)
JA	1/8	19.5	11	12	9
JB	1/4	22	12	14	18
JC	3/8	14	14	17	34

'J' harfinin standart olduğu ürün gösterimde daha sonra gelen A, B ve C harfleri nozulun dişli çapını temsil eder. Üçüncü sırada gelen harfler ise nozuldan çıkan fişkırtma açısının temsilidir. Çizelge 2.5'de bu harflere karşılık gelen açılar gösterilmiştir. Gösterimin en sonunda bulunan B1, B3, ve T ifadeleri ise sırasıyla AISI 303, AISI 316 kalite çelik ve pirinç olmak üzere üç farklı malzeme türünü temsil etmektedir.

Çizelge 2.5 Harf kodlarına karşılık gelen açılar

JA	JC	JF	JM	JQ	JU	JW
0°	20°	30°	45°	60°	90°	120°

2.7 Robot Kolları

Robotik sistemler son zamanlarda makinanın kullanıldığı her alanda görev alarak makineleşmede çok büyük bir paya sahip olmuştur. Temelde insan gücünün yerini alma, daha hızlı, daha güvenilir, daha verimli çalışma, insan anatomisinin yapamayacağı işleri üstlenmek gibi amaçlara hizmet eden robotik dalı, uzay sistemlerinden endüstriyel üretim hatlarına ve savunma sanayinden sağlık sektörüne kadar çok büyük bir yelpazede yer almaktadır.

19. yüzyılda, ilerleyen elektrik-elektronik teknoloji ile robotik alanında çok büyük gelişmeler olmuştur. 1940'lı yılların sonuna doğru makine alanında kullanılmaya başlayan sayısal kontrol, Amerika Birleşik Devletleri tarafından hava kuvvetlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmeyi daha sonra Atom enerjisi Komisyonu tarafından radyo aktif maddeler üzerinde kullanılmak üzere geliştirilen uzaktan kumanda sistemleri izledi. Bu iki çalışma ile başlayan ilerleme Cyril Walter Kenward ve George C.Devol isimli iki mühendisin çalışmaları ile endüstri alanına uyarlanmaya başlandı. Cyril Walter Kenward endüstriyel sayılabilecek ilk robotik sistemi tasarlarken, George C.Devol günümüzdeki modern robot anlayışını ortaya çıkaran iki sistem icat etti. İlk icadı, elektrik işaretlerini manyetik olarak saklayan ve bu sakladığı işaretlerden oluşan kayıtları makine kontrolünde kullanan sistemdi. Diğer bir icadı olan "Program metni Transferi" sistemi ile Devol modern endüstriyel robotların babası olarak sayılmıştır [17].

90'lı yılların sonu da çok büyük bir gelişme gösteren endüstriyel robotlar, 1999 yılında 940,000 adet ile tüm dünyada kullanılırken bu rakam bir önceki yıla göre %20 oranında bir robot kurulumu artışına işaret etmiştir. Otomotiv, elektrik ve elektronik endüstrileri en geniş robot kullanımı olan sektörler olmuşlardır. Bu sektörlerde ağır basan alanlar ise kaynak, montaj, malzeme işlenmesi ve dağıtımdır. Robotik sistemlerin esnekliği ve çok yönlülüğü bu sektörlerin toplam robot kullanımının %75'ini kapsamasına neden olmuştur. Günümüzde ise motorlu taşıt endüstrisi dünya üzerindeki robot kullanımının %50'sini oluşturmaktadır. Birim maliyetini inanılmaz şekilde düşüren robot sistemleri, kaynak, montaj ve paketleme gibi standart işlerde kullanılması ile otomasyon alanında küçük ve orta büyüklükteki operasyonlarda büyük verimlilik sunar [9].

Geniş bir rutin iş yelpazesi olan servis sektöründe robotik sistemlerden nasibini almaktadır. İnsansı robotların esas amacı olan hizmet sektörü günümüzde daha basit yapılarla bu işlevine başlamış bulunmaktadır. Temizlik, denetleme, afet kontrol, atık depola ve eşyaların hastane ve ofis gibi ortamlarda taşınması robotik sistemlerin kullanıldığı diğer alanlardır. Daha iyi çalışma koşulları sağlayan, kaliteyi ve karlılığı arttıran ve her an servis mevcudiyetini sunan robotik sistemler bu özellikleri ile birlikte hizmet sektöründe çok büyük yer almaktadır. Önümüzdeki on yıl içerisinde ise, sayılan bu özellik ve işlevlerinden dolayı hizmet sektöründe kullanılan robot sayısının endüstriyel alanda ki kullanımı geçeceği tahmin edilmektedir.

Son yirmi yıl içerisinde sağlık sektöründe de yer alma başlayan robotlar, eczacılık, ilaç hazırlama ve ameliyatlarda kullanılma gibi kritik alanlardaki ihtiyaçları karşılamakta. İnsan yapısına göre çok daha hassas olan ve titreme, hapsirme ve terleme gibi istenmeyen insan faktörlerin faktörlerini ortadan kaldıran robotlar sağlık sektöründe de çok büyük rollere gebe durumda [18].

İnsan tarafından yapılması tehlikeli işlerin çok olmasından dolayı askeri uygulamalar ve uzay teknolojileri robot kullanımının çok görüldüğü diğer alanlardır. Vücut yapısından dolayı insan tarafından yapılması düşünülemeyen görevleri rahat bir şekilde üstlenebilen robotlar, uzay biliminin ilerlemesine çok büyük katkılar sağlamıştır. Son olarak bir kuyruklu yıldıza gönderilen Philea isimli robot bu konuya gösterilebilecek en sıcak örnektir. Ölümcül sonuçlar doğuran askeri uygulamalarda ise yine robotların görevlendirilmesi en uygun alanlardan biri olmuştur. Buna örnek olarak bomba imha robotları söylenebilir. Yaklaşılması bile son derece tehlikeli olan bomba düzeneklerinin etkisiz hale getirilmesi yada kimseye zarar vermeden patlatılması için özel olarak tasarlanan robotlar bu alanda da çok büyük ihtiyaçları karşılamaktadır.

Üretim, uzay teknolojileri, sağlık sektörü ve askeri alanlar dışında ise robotlar oyuncak ve sinema sistemlere gibi alanlarla eğlence sektöründe bile yer almaktadır.

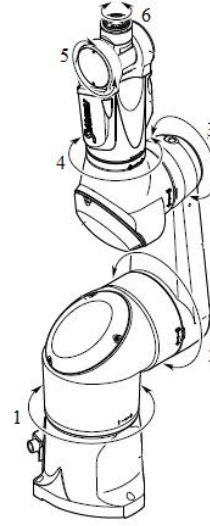
Günümüzde en sık kullanılan endüstriyel robotların elemanlarından bahsetmek gerekirse, robotu yere sabitleyen ayak, uzvu olan kol ve işlemi yapan uç eleman ilk bakışta görülen elemanlar olarak söylenebilir. Bunların dışında hareketi sağlayan sürücüler ve motorlar ve kontrolü sağlayan bilgisayar temel bir endüstriyel robotun ana elemanlarını oluştururlar.

Link ve eklemler tıpkı insandaki iskelet yapısı gibi robotun yapısını oluşturan ve ayakta tutan elemanlarıdır. Tipik bir endüstriyel robot seri halde dizilmiş eklem ve link kombinasyonlarından oluşur.

Eklemler adından da anlaşıldığı üzere robotun hareket noktalarıdır. Hareket üreten aktüatörler eklemlere yerleştirilerek robotun hareketi sağlanır. İki çeşit eklem türü bulunur. Bunlardan biri lineer diğeri ise döner eklemlerdir. Lineer eklemler doğrusal hareket sağlarken döner eklemler ise dairesel hareket elde etmekte kullanılır. Link olarak adlandırılan kısımlar ise eklemlerin arasında kalan sabit parçalardır. Linkler değişik yapılarda oluşturularak ağırlık tasarrufu yapılması, kablolama ve pnömatik ve hidrolik hatlarının konumlandırılmasında gibi amaçlara da hizmet ederler.

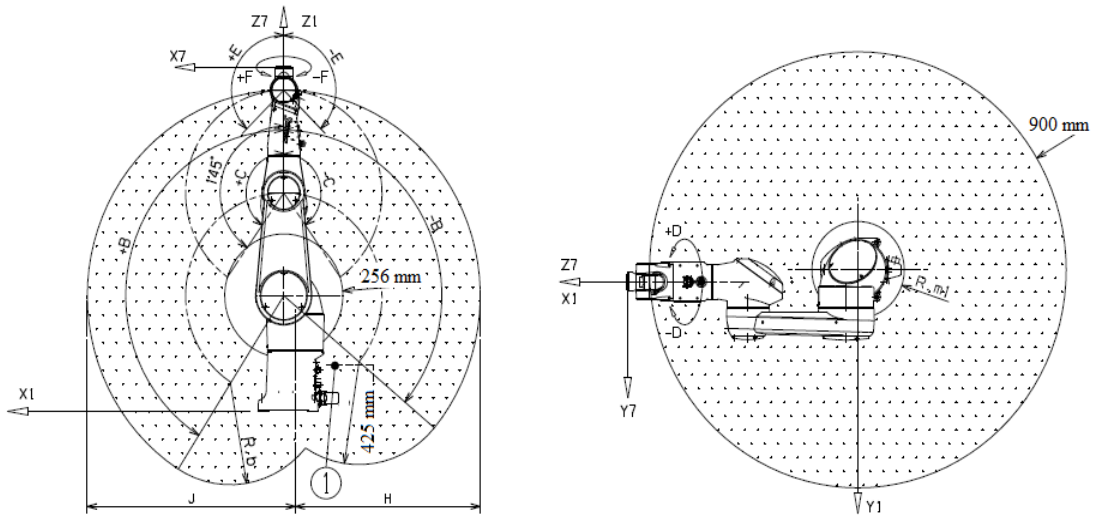
Bir diğer önemli eleman olan bilek robot kolunun uç noktasında konumlandırılır. Bilekler genelde iki ya da üç eklemden oluşurlar. Robot kollarının ilk üç eklemi uzun linklerle bağlanır ki robotun ulaşım alanı yeterince geniş olsun. Son üç ayda iki eklem ise kısa linklerle birbirine bağlanır ve bilek olarak adlandırılan bu son eklen daha hassa ve amaca yönelik hareketleri sağlar. Bilek kısmının sonunda ise el ya da uç eleman olarak adlandırılan kısım yer alır. Uç eleman robotun dış dünya ile temasa geçtiği noktadır. Bu elemanlar tutma, yönlendirme ve yüzey denetleme gibi işlemleri gerçekleştirir. Bir uç eleman basit iki parmaklı kavrama aracından vakumlu tutucuya, kaynak torcundan sensör ile denetleme yapabilen bir tasarıma kadar çok değişik şekillerde olabilir.

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının çalışma sisteminde ise küresel bir endüstriyel robot kolu kullanılmıştır. Hali hazırda fabrikadaki üretim sisteminde yüklü olan bu robot kolu bu proje kapsamında salamura dolum kısmına adapte edilmiştir. Kullanılan robot kolu Şekil 2.18’de gösterilen Stäubli Robotics firmasının TX90 serisi robot koludur.



Şekil 2.18 Staubli Robotics TX90 serisi robot kolu

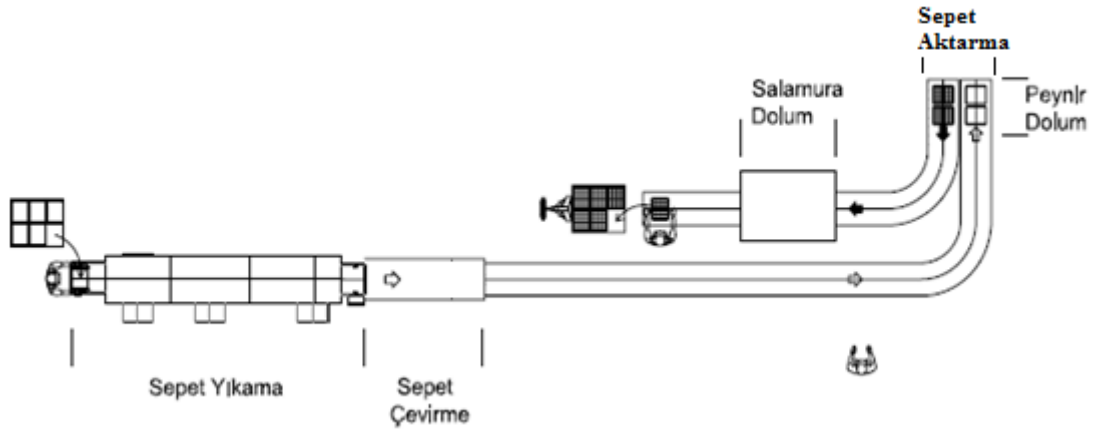
Altı ekseninde çalışan bu robot 20 kg yük taşıma kapasitesine sahiptir. Farklı eksenlerinde farklı çalışma hızları sağlayan bu robot kolunun çalışma hızı $400^0/s$ 'den $760^0/s$ ye arasında değişiklik göstermektedir. Uç noktası da dâhil altı adet döner ekleme sahip olan bu robot 6 serbestlik derecesine sahiptir. Bilek elemanına bağlanmak üzere elektrik ve pnömatrik uç elemanlara uygunluk göstermektedir. Çalışma alanı olarak 900 mm çapındaki bir alana hükmedebilir. Şekil 2.19'da TX90 serisi robotun çalışma alanı gösterilmiştir. Staubli Robotics TX90 serisi robot kolu otomotiv ve parça üretim hatları, gıda sektörü, sağlık bilimi, eczacılık alanı ve boyama işlemleri gibi çok büyük bir kullanım alanına sahiptir.



Şekil 2.19 Staubli Robotics TX90 robotunun çalışma alanı

3. SEPET YIKAMA VE SALAMURA DOLUM MAKİNASI ÇALIŞMA PRENSİBİ

Gıda sektöründeki üretim süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla güden sepet yıkama ve salamura dolum makinası, beyaz peynir üretimi sürecinin bir kısmını otomatize etmekte ve bu sayede zaman, maliyet gibi kıstasları geliştirerek sürecin daha verimli olmasını sağlamaktadır. Adında geçmemesine rağmen, peynir dolumu ile birlikte üç ana bölümden oluşan bu makina, peynir üretim sürecinde ardı ardına gelen iki basamağı tek bir hatta birleştirmektedir. Ana bölümlerine ek olarak ara bölümleri ile beraber makinadaki işlemleri ilerleme mantığına göre sıralayacak olursak, ilk olarak sepet yıkama bölümü gelmektedir. Bu bölümü sırasıyla sepet çevirme, peynir dolum, sepet aktarma ve salamura dolum kısımları takip etmektedir. Şekil 3.1’de sepet yıkama ve salamura dolum makinasının genel şeması gösterilmiştir.



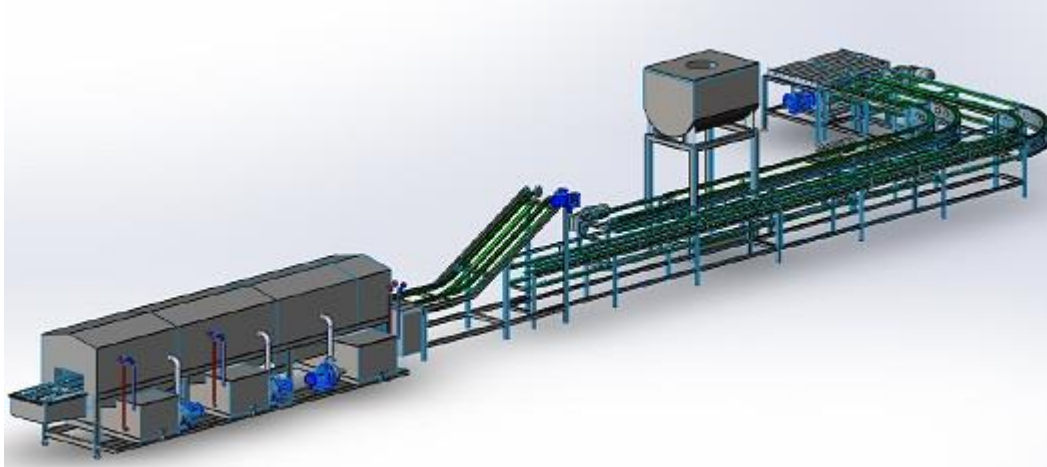
Şekil 3.1 Sepet yıkama ve salamura dolum makinası şeması

Beyaz peynirin üretim sürecini kısaca anlatmak gerekirse, ilk olarak çiğ süt temin edilir. İnek, koyun, keçi veya manda gibi hayvanların sütleri kullanılır. Sütün taze ve yabancı maddelerden ayrılmış olması peynir kalitesi açısından önemlidir. Temin edilen süte bir standardizasyon işlemi uygulanır. Bu işlemde sütün içindeki besin değerlerinin standart değerlerde olması sağlanır. Standart değerlere ulaşan süt hastalık yapıcı mikroorganizmalardan arınmak ve kontrollü bir mayalanma sağlamak

amacı ile pastörizasyon işlemine tabi tutulur. Bir çeşit ısıtma işlemi olan pastörizasyondan sonra peynir mayalanmak için mayalanma sıcaklığına soğutulur. Mayalanan peynir pıhtılaşmaya bırakılır ve bu sürecin sonunda pıhtı kendi halinde süzülür. Daha sonra ise presleme ile baskılı süzme işlemi uygulanır. Tüm bu sürecin sonunda peynir kalıplar halinde salamura suyunda beklemeye bırakıldığı tuzlama süreci gelir. Çok kritik bir işlem olan bu bekleme süreci peyniri istenmeyen mikroorganizmalardan korur, peynirin tadında olumlu etki yaratır ve görünümü düzeltir. Salamuradan çıkan peynir ise paketlemeye hazır hale gelir [19].

Sepet yıkama ve salamura dolum makinası ise paketleme adımından bir önceki adım olan tuzlama sürecinde kullanılmaktadır. Bu bölümde makinanın nasıl ve ne mantık üzere çalıştığı hakkında detaylı bilgi verilmektedir. Üç ana bölümden oluşan makina sepet yıkama ve salamura dolum olarak iki başlığa ayrılmış ve her bir alt bölüm incelenmiştir.

Sepet yıkama ve salamura dolum makinası hakkında genel bir görsel bilgi edinmek amacıyla ile Şekil 3.2’de makinanın üç boyutlu tasarım çizimi verilmiştir. Ek A’da ise makinanın boyutlarını gösteren teknik resim verilmiştir.

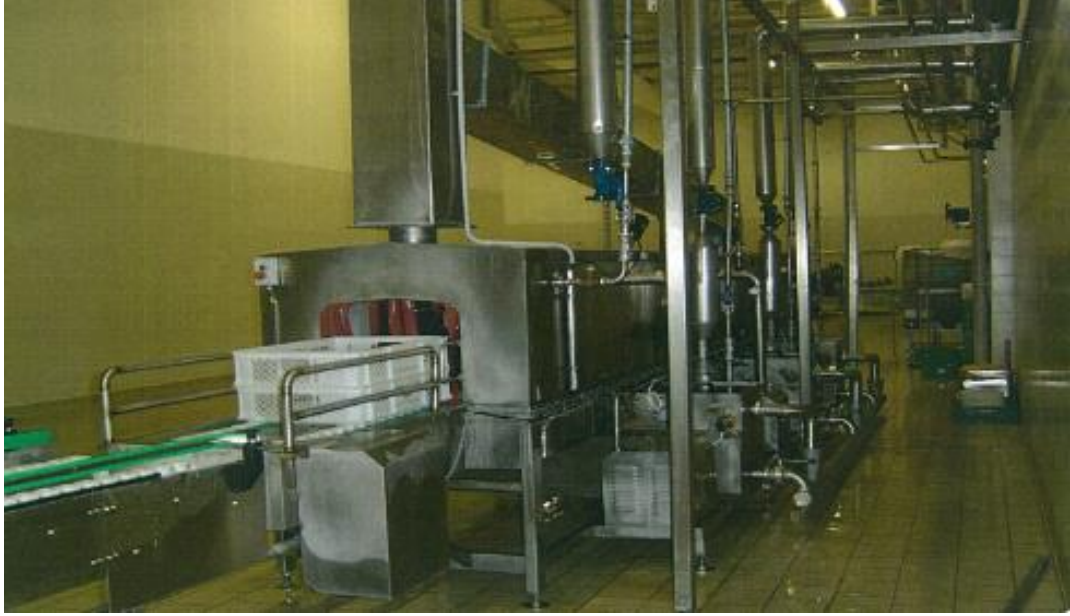


Şekil 3.2 Sepet yıkama ve salamura dolum makinası tasarım çizimi

3.1 Sepet Yıkama

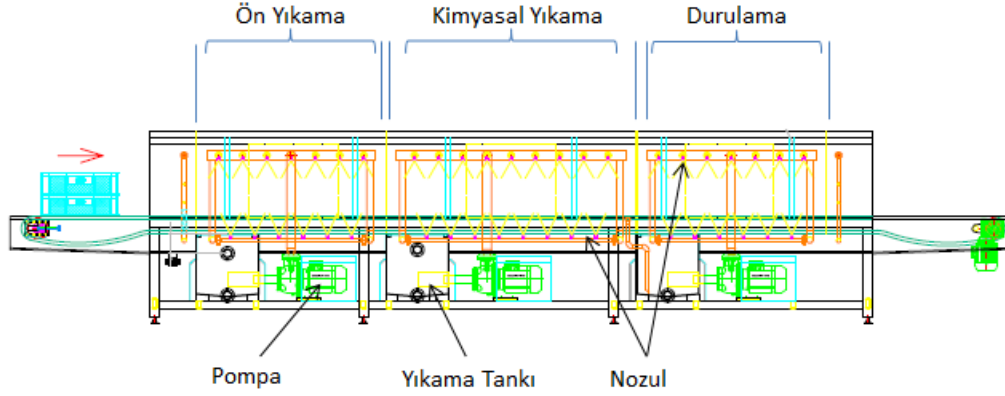
Sepet yıkama bölümü bu makinanın ilk adımı olup, tuzlama sırasında peynir kalıplarının bekletildiği sepetlerin hijyenini sağlamaktadır. Gıda sektörünün en önemli kıstaslarından biri olan hijyen, titizlikle sağlanmalı ve hijyenik koşullar sürekli korunmalıdır. Salamura dolumu ile birlikte peynirlerin bekletildiği odalara

taşınan bu sepetler, taşıma, boşaltma ve geri dönüş aşamalarında çeşitli dış etkilere maruz kalmakta ve istenmeyen mikroorganizmaların oluşumuna olanak vermektedir. Bu sebepten dolayı tekrar dolum aşamasından önce sepetler bir yıkama işlemine tabi tutulurlar. Şekil 3.3’de sepet yıkama makinasının fabrika hattına montaj edilmiş hali gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Sepet yıkama makinası

Makinanın sepet yıkama işlemi üç safhadan oluşmaktadır. İlk olarak sıcak su ile kaba temizliği yapılan sepetler bir sonraki aşamada bir çeşit çözelti ile hijyen koşullarını sağlamak adına yıkanır. İkinci safha sonunda sepetin çözelti artıklarından arındırılması için normal su ile bir durulama işlemi gerçekleşir. Sıvı ile gerçekleştirilen yıkama işleminde konveyör sisteminin yıkama sıvılarına bir engel teşkil etmemesi adına konveyör zincir yapıda seçilmiştir ve sepeti minimum temas ile taşımaktadır. Bu konveyörün hareketi ise redüktörlü motor ile sağlanmaktadır. Sepetlerin kullanılma sıklığına göre kir oranı değiştiğinden, makinanın panosuna konulan bir potansiyometre ile redüktörlerin çıkış hızları ayarlanarak konveyörün istenilen hızda dönmesi sağlanır. Çok kirli sepetlerde operatör konveyör hızını düşürerek sepetlerin daha uzun süre yıkama işlemine maruz kalmasını sağlar. Yeni olan veya saklama işleminden zararsız halde dönmüş sepet grupları olduğu zaman ise su israfını önlemek ve zaman tasarrufu sağlamak amacı ile konveyör ideal hızda çalıştırılır.

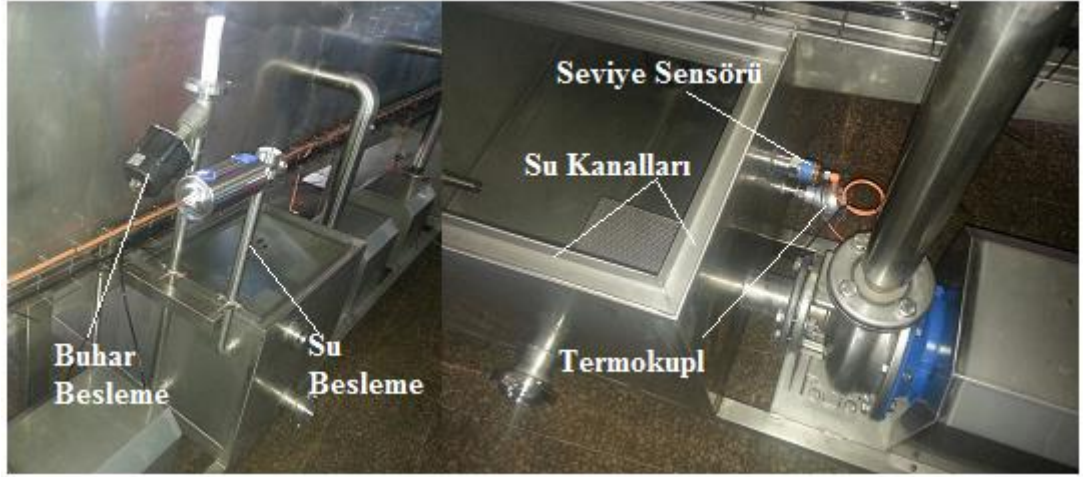


Şekil 3.4 Yıkama makinası detayı

Şekil 3.4'te gösterildiği gibi üç bölümden oluşan makine her bölümü için ayrı bir yıkama tankı barındırmaktadır. Bunun sebebi ise her aşamada gereken sıvı çeşidi ve koşulunun farklı olmasıdır. Her tankta iki adet besleme bulunmaktadır. Bu besleme hatlarından ilki genel hattan gelen suyun beslendiği hattır. Makinanın ikinci kısmında kullanılan çözelti ise bu suya atılan bir madde ile elde edilir. Tanka beslenen diğer hat ise suyun ısıtılmasında kullanılan sıcak su buharı hattıdır. Bu besleme hatlarından başka, tanklarda su sıcaklığını istenilen seviyede tutmak için sıcaklık kontrolörü kullanılmaktadır. PLC'den bağımsız bir şekilde çalışan bu kontrolör üzerlerine girilen sıcaklık aralığına göre sıvının bu değerler arasında kalmasını sağlar. Kontrol sistemi, tanka bağlanan ısıl çifti ile iletişim halinde sürekli sıcak bilgisi alır. Bu sepet yıkama makinasında su sıcaklığının 50°C ile 60°C arasında olması istenmektedir. Sürekli tanklardaki sıvının sıcaklık bilgisini okuyan sensörler, istenilen aralıktan daha düşük değere gelmesi halinde sıcak su buharı hattının tetiklenmesini sağlar. Bu noktada sepet yıkama makinasını muadillerinden ayıran bir özelliği ortaya çıkmaktadır. Normal şartlarda 50°C ile 60°C arasındaki sıcaklık değerlerinde suyun buharlaşması ve buhar beslemesinden oluşan buhar ile birlikte yoğun bir şekilde buhar üreten bu tanklar Şekilde 3.4'te gözüken su kanallarında bulunan normal sıcaklıktaki su sayesinde minimum seviyede buhar çıkışı göstermektedir. Kapağın hemen altına yerleştirilen kanallardaki su, kapağa vuran buharın dışarı çıkmadan yoğunlaşmasını ve bu kanala su olarak düşmesini sağlamaktadır. Kanala düşen su kanalın seviyesini geçtiği zaman ise tankın içine dökülmektedir.

Sıcaklık sensörü olan ısıl çifti dışında tankta bir adette seviye sensörü bulunmaktadır. Bu sensör tanka su besleme hattından gelen suyun kontrollü bir şekilde gelmesini

sağlamaktadır. Bu seviye sensörü sayesinde tanktaki su miktarı istenilen seviyede tutulmaktadır. Bu işlemin gerçekleşmesi için seviye sensörleri rölelere bağlanarak her hangi bir algılama durumunda hemen ilgili rölenin attırılması ile su akışının durmasını sağlar. Şekil 3.5'te dolum tankındaki detaylar gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Yıkama tankı detayı

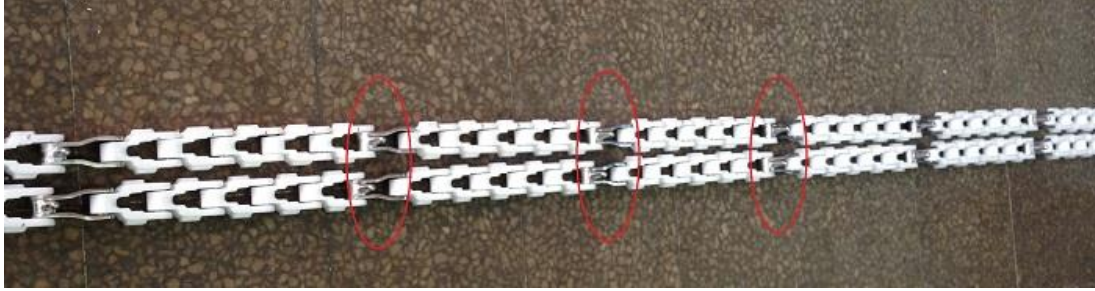
Tanklara besleme hattından gelen suyun yıkama işleminde kullanılması ise pompalarla sağlanmaktadır. Her tank kendine ait bir pompa barındırır. Bu pompalar tanklardaki suyu makinanın içine uzanan boru hatlarına iletir. Boru hatlarının konveyör üzerindeki sepete denk gelen kısımları nozullar ile donatılmıştır. Çıkış kısmından bulunan ve sıvının 45°'lik açı ile basınçlı bir halde çıkmasını sağlayan bu nozullar sayesinde konveyör üzerindeki sepetlerin her noktasına sıvı ulaşımı sağlanmaktadır. Şekil 3.6'te yıkama makinasının iç kısmı gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Yıkama makinasının iç görüntüsü

Dolum tanklarındaki seviye sensörüne göre bir defa su beslenir bu su yıkama işlemi için pompalandıktan sonra oluşturulan oluk sistemi ile tekrar tanka beslenir. Bu geri besleme sırasında kullanılmış sıvı iki adet filtreden geçer.

İçinde tuzlu su ile peynir barındırmak için kullanılan bu sepetler sıvı sakladığı için deliksiz bir yapıya sahiptirler. Yıkama işleminden sonra içinde artık su barındırmamak adına bu sepetler sepet yıkama makinasına ters olarak beslenir. Beslendiği gibi ters olarak yıkama makinasını terk eden sepetler, peynir ve salamura dolum işleminin gerçekleştirilmesi için yıkama makinası ile salamura dolum makinasını birleştiren konveyör üzerinde bir çevirme işlemi ile düz haline getirilir. Sepet çevirme aşaması tamamen mekanik bir sistem ile sağlanmaktadır. Farklı bir konveyöre girerek takla atması sağlanan sepetler düz halde peynir dolumu kısmına ilerler. Şekil 3.8’de çevirme konveyörü gösterilmiştir. Bu mekanik çevirme düzeneğinin sepetleri eğimli düzlemde taşıya bilmesi için konveyör zincirlerine aynı ebatlarda çıkıntılı zincir halkaları eklenmiştir. Şekil 3.7’de oluşturulan konveyör zinciri gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Sepet çevirme konveyörü zinciri



Şekil 3.8 Çevirme konveyörü

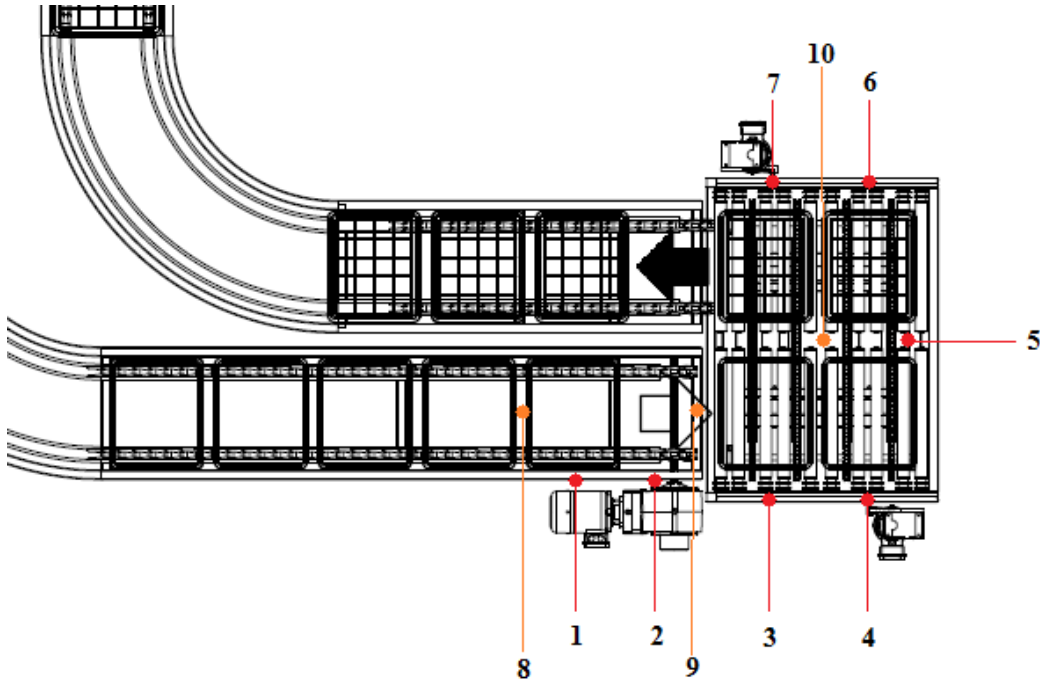
Sepetlerin düz konuma geçtikleri ve aşağı kaydıkları hatta iki adet sensör yerleştirilmiştir. Bu sensörler birbirlerine kızılötesi ışık göndererek varlıklarını algırlarlar. Bu ışık herhangi bir cismin araya girmesi ile kesilir ve sensörler cismin varlığından haberdar olur. Herhangi bir sepet sıkışması hatasını algılamak üzere konumlandırılan bu sensörler 6 saniyeden daha fazla cisim algırlarlar ise makine hata sinyali verir ve çevirme işlemini durdurur. Ayrıca sepetlerin üst üste binmemesi adına düşen sepet düz konveyöre geçene kadar çevirme konveyörü durdurulur. Bu durdurma işlemi süresi karşılıklı konumlandırılmış sensörler sayesinde sağlanır. Bu işlem yaklaşık 5 saniye gibi bir zaman kaybına sebebiyet vermektedir.

Düz konuma getirilen sepetler peynir ve salamura suyu dolumuna hazır olarak aktarma konveyörünü terk eder ve boş kasa konveyörü ile peynir dolumu yapılan rulo konveyöre hareket eder.

3.2 Salamura Dolum

Sepet yıkama kısmından çıkan ve düz konuma getirilen sepetler boş kasa konveyörü ile salamura dolum kısmına giriş yapar. İşlem sırası olarak salamura dolum kısmından önce gelen peynir dolumunun bir kısmı bu proje kapsamında tasarlanmadığı için makinanın adında geçmemiştir. Bu aşamada hali hazır da fabrikanın süreç kısmında kullanılan robot kolu ile peynir dolum işlemi gerçekleştirilmektedir. Peynir dolum işlemi robot kolu tarafından yapılmasına rağmen bu robot kolunun sepet yıkama ve salamura dolum makinasına adaptasyonu için daha sonra anlatılacağı üzere bir tasarım yapılmıştır.

Gelen boş kasaların peynir dolum kısmına beslenmesi, sepetlerin ilerlemesini kesen pnömatrik pistonlarla kontrol edilmektedir. Kasaların peynir dolumu için durduğu rulo konveyör kısmından önce iki adet fotoelektrik sensör ile sepetlerin kontrollü beslenmesi sağlanır. Şekilde 3.9’da peynir dolum kısmında kullanılan sensörler ve pnömatrik elemanlar numaralandırılarak gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Sensör ve pnömatrik eleman numaralandırması

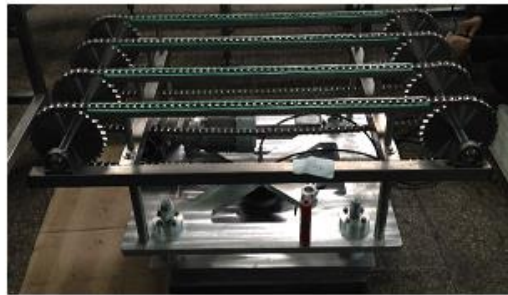
Akış mantığına göre sepetin karşılaştığı ilk aktüatör 8 numara ile gösterilen pnömatrik pistondur. Bu piston normal halde kapalıdır. İlk gelen sepetler bu pistona takılmaz. Daha sonra gelen aktüatör ise 9 numara ile gösterilen ikinci bir pnömatrik pistondur, fakat bu piston normalde açık olup gelen sepeti durdurur. Sensör 1 ve 2 bu pistona

takılan sepetleri algılar. Bu iki sensörde aynı anda önlerinde sepet algıladıkları zaman 8 numaralı pistonu aktive edilir ve arkasından başka sepet gelmesi engellenir. Daha sonra sepetlerin peynir dolumu için rulo konveyöre geçmesi adına 9 numaralı piston de aktive edilir. 1 ve 2 numaralı sensörleri önündeki sepetler rulo konveyöre geçerek 3 ve 4 numaralı sensörlerin önüne gelmiş olur. Bu sensörlerin önünde sepet olduğu sürece 9 numaralı piston aktif durur. Bu sırada 1 ve 2 numaralı sensörlerde bir algılama olmadığından 8 numaralı piston deaktif edilir. Bu aşamadan sonra 8 numaralı pistonun hareketi 1 ve 2 numaralı sensörlere bağlıdır. 3 ve 4 numaralı sensörlerden gelen algılama sinyali ile bir röle aktive edilir ve robot kolunun bilgisayarına sepetin peynir dolumuna hazır olduğu bilgisi verilir. Bunun üzerine robot peynir dolum işlemini gerçekleştirir. Bu işlem bittikten sonra robot kontrolöründen gelen sinyal bir röle aktive eder ve makinamızın PLC'sine peynir dolumu işleminin bittiği sinyali gelir. Bundan sonra ise peynir dolumu yapılmış sepetleri rulo konveyörü terk etmesi için yana iteleme işlemi gelir.

Bu iteleme işlemi için Şekil 3.10'da gösterilen bir zincirli bir konveyör sistemi tasarlanmıştır.



(a)

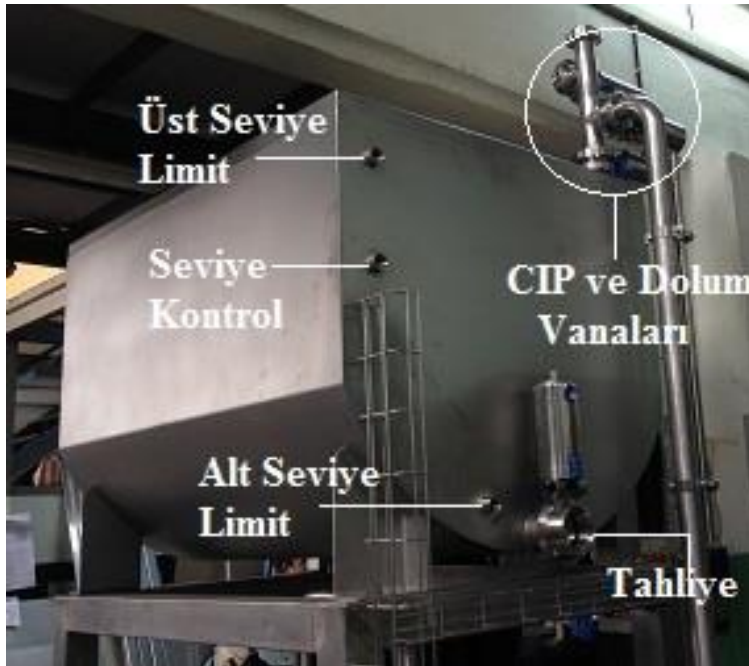


(b)

Şekil 3.10 (a)Aktarma konveyörü, (b) Zincir konveyör

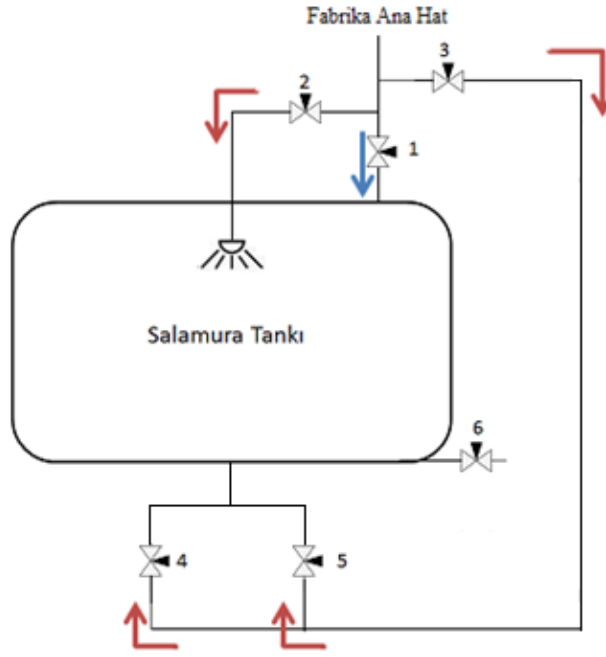
Körüklü silindir olarak isimlendirilen aktüatörün üzerine yapılandırılan ve Şekil 3.10(b)'de gösterilen sistem, körüklü silindirin aktive edilmesi ile rulo konveyör sisteminin ruloları arasından yükselerek sepetleri zincirlerinin üstüne alır ve sepetlerin rulolar ile olan bağlantılarını keser. Artık iteleme hareketini yapacak olan zincirin üzerinde olan sepetler, zincirlerin rulolara göre paralel olan hareketi ile yandaki rulo konveyöre geçiş yaparlar. Sepetlerin salamura dolumu kısmına ilerlemeleri için iteleme hareketi ile geçtikleri rulo konveyörlerde, Şekil 3.9'da 6 ve 7 ile numaralandırılan iki adet sensör bulunur. Bu sensörlerden sepetlerin konum bilgisi alınarak kontrolöre sinyal gönderilir. Bu bilgi ile birlikte zincir konveyör aşağı iner. Zincir konveyörü taşıyan platforma yerleştirilmiş olan ve Şekil 3.9'da 5 numara ile gösterilen endüktif sensör sepetin aşağı indirildiğini teyit eder. Bu teyit ile birlikte 9 numaralı piston bir sepet çiftinin daha geçmesine izin verir. 5 numaralı endüktif sensör ile 6 ve 7 numaralı fotoelektrik sensörlerden gelen bilgi dahilinde, peynir dolumu yapılan sepetler salamura dolumu yapılmak üzere rulo konveyörü terk eder. Bu işlem diğer adımlardan bağımsız olarak bir döngü olarak devam eder ve sepetlere peynir dolumunu gerçekleştirir.

Sepet yıkama ve boş kasa taşıma konveyörü ile aynı zincir konveyör yapısına sahip olan salamura dolum konveyörünün, salamura dolum kısmının üstünde Şekil 3.11'de gösterilen bir dolum tankı bulunur.



Şekil 3.11 Salamura dolum tankı

Bu tank fabrika hattından gelen salamura suyunu barındırır. Üç adet seviye sensörü ile bu tanktaki sıvı akışı kontrol edilir. İlk sensör, sıvının sensör seviyesini aşması veya altına inmesi halinde kontrolöre bilgi sağlayarak sıvı gerektiğini yada ihtiyaç olmadığı bilgisini verir. Bunun üzerine kontrolör ilgili vanaları aktif hale getirerek tanka kontrollü sıvı girişini sağlar. Tanktaki sıvı seviyesi sürekli bu hızda tutulmaktadır. Diğer iki sensör ise tankın üst ve alt kısımlarına yerleştirilmiştir. Bu iki sensörün amacı tanktaki emniyeti sağlamaktır. İlk sensörden tanka su seviyesinin yeterli olduğu bilgisi gitmesine rağmen herhangi bir sebepten tanka sıvı verilmesine devam edilir ise üst kısımdaki sensör tanktan sıvı taşmaması için hemen sistemi durdurur. Benzer şekilde alt tarafa konumlandırılan sensör, ilk sensörün sıvı ihtiyacı bilgisi vermesine rağmen bir problemten dolayı sıvı akışı olamaması durumunda çok az seviyeye gelen sıvı miktarını algılayarak bu bilgiyi kontrolöre gönderir. Bunun üzerine sistem durdurulur ve arıza uyarısı verilir. Bu durumda sepetlerin salamura dolumu olmadan, salamura dolum kısmını terk etmesi engellenmektedir. Tanktaki su seviyesinin bu kadar önemli olmasının sebebi sepete yapılan dolumun zamanlayıcı ayarı ile yapılmasıdır. Dolum yapılması gerektiği bilgisi kontrolöre geldiği zaman kontrolör, bir zamanlayıcı ile tanktan salamura çıkışı için vana aktive eder ve bu vana belli bir süre açık kalarak altında bulunan sepeti doldurur. Salamura tankı, dolum dışında kendini yıkama işlemini de gerçekleştirmektedir. CIP adı verilen bu yıkama işlemi sayesinde sepet yıkama işleminde olduğu gibi salamura dolum işleminde de hijyen kistası sağlanmaktadır. Şekil 3.12’de CIP ve dolum işlemlerinin tanktaki akış şeması gösterilmiştir.



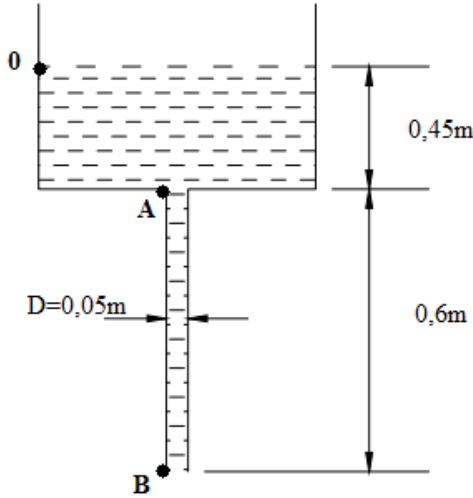
Şekil 3.12 Salamura Tankı Akış Sistemi

Yukarıdaki şemaya göre 1,2 ve 3 numaralı vanaların bağlı olduğu hat fabrika sisteminden gelen hattır. Tüm ihtiyaç duyulan sıvı bu hattan sağlanmaktadır. Kırmızı ok ile gösterilen akışlar CIP sistemini temsil eder. Mavi ok ile gösterilen hat ise salamura akışını göstermektedir. Tanka salamura dolumu yapılması gerektiğinde sadece 1 numaralı vana açılır. Seviye sensörlerinden gelen seviye bilgisine göre bu vana açılıp kapatılarak tanktaki salamura seviyesinin kontrolü sağlanır. Üst kısımda 2 ve 3 numara ile gösterilen vanalar ise CIP akışını kontrol eder. İki farklı hattı olan CIP sistemi 2 numaralı vana ile tankın içini temizlerken, 3 numaralı vana ile sepet dolum hattını ulaşılarak çok büyük önem arz eden ters yıkama işlemini gerçekleştirir. CIP işlemi 5 ve 15 saniyelik iki aşamadan oluşur. İlk 5 saniye boyunca sadece 2 numaralı vana açık dururken sonraki 15 saniye 3, 4 ve 5 numaralı vanalar açık kalarak ters yıkama işlemini gerçekleştirir. Son olarak gösterilen 6 numaralı vana ise tankın tahliye vanasıdır. Tank tamamen boşaltılmak istendiğinde bu vana sayesinde tank içindeki tüm su dışarı tahliye edilir.

Dolum yapılması gerektiği bilgisi ise hemen tankın dolum borularının hizasına gelecek şekilde konveyöre konumlandırılan sensörler ile sağlanır. Bu amaç için iki adet fotoelektrik sensörü kullanılmaktadır. Bu sensörler iki sepetinde tankın altına geldiğini algılar ve kontrolöre bu bilgiyi sağlar. Bunun üzerine kontrolör zamanlayıcı ile birlikte tankın dolum vanasını aktif eder. Aynı zamanda sepetlerin o süre zarfında

tankın altında durmalarını sağlamak amacı ile durdurucu pnömatik pistonu konumlandırılmıştır (Şekil 3.16, eleman 16). Bu piston boş sepetlerin rulo konveyöre geçişini sağlayan pistonlarla aynıdır. Aynı zamanda durdurucu pistonun zamanla ağır sepetler yüzünden deforme olmaması için dolum sırasında dolum konveyörü durdurulur. Sepetler dolmalarına yetecek süre kadar bekletildikten sonra bu pistonlar aşağı konumuna geçerek konveyör tekrar aktive edilir ve dolan sepetlerin geçişine izin verilir. Dolum sırasında, dolumu gerçekleştiren ikinci sepetin tam arkasına konumlandırılmış ikinci bir piston (Şekil 3.16, eleman 18) aktive olarak, dolumun biten sepet çiftinin tamamen ayrılması için sıradaki sepet çiftini bekletir ve bu çiftin kontrollü beslenmesini sağlar. Dolumu biten sepet çifti dolum sensörlerinin önünden çekilmesi ile sıradaki çiftin dolumu yapılması için bu piston da aktive olur.

Dolum süresinin hesaplanmasında akışkan mekaniği denklemleri kullanılmıştır. Bu denklemlere göre akış kapasitesinin hesaplanmasında Şekil 3.13'teki temsili tank çizimi kullanılmıştır. Normalde iki hatta ayrılan dolum borusu, akış hesaplarının yapılmasını kolaylaştırmak adına tek bir hat olarak varsayılmıştır.



Şekil 3.13 Temsili dolum tankı

İlk olarak kayıpları hesaplamak için Toricelli hız denkleminde (3.1) ortalama hızı bulunarak bu ortalama hızdan Reynolds sayısı (R_e) elde edilir.

$$V = \sqrt{2gh} \quad (3.1)$$

$$R_e = \frac{\bar{V}D}{\gamma} \quad (3.2)$$

Buna göre resim 3.13'deki A ve B noktalarındaki hızlar bulunup ortalamaları alınır;

$$V_A = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,45} = 2,972 \text{ m/s} \quad (3.3)$$

$$V_B = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,05} = 4,54 \text{ m/s} \quad (3.4)$$

$$\bar{V} = \frac{V_A + V_B}{2} = 3,75 \text{ m/s} \quad (3.5)$$

Reynolds sayısının bulunması için 3.2 numaralı denklemde ki ortalama hız (3.5), boru çapı (D) ve kinematik viskozite değerleri yerine konur (3.7). Kinematik viskozite bulunması için tankın içindeki sıvı 20 °C su olarak kabul edilmiştir. Buna göre μ sayısı 0,001 kg/m³ alınırken ρ sayısı ise 998 kg/m³ olarak alınmıştır.

$$\gamma = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,001 \text{ kg/m}^3}{998 \text{ kg/m}^3} = 1,002 \cdot 10^{-3} \quad (3.6)$$

$$Re = \frac{\bar{V} D}{\gamma} = \frac{3,75 \cdot 0,05}{1,002 \cdot 10^{-3}} = 187125 \quad (3.7)$$

Reynold sayısının büyüklüğü bize akış durumu hakkında bilgi vermektedir. Eğer bu sayı 2000'den küçük olsaydı laminar yani düzgün bir akış oluşacağı anlaşılabilecekti. Bizim bulduğumuz sonuca göre ise bu sayı 2300'den büyük olduğu için akışın türbülanslı olacağı anlaşılmaktadır. Buna göre ise akış esnasında sürtünmeden kaynaklanan kayıp (f) bulunur (3.8).

$$f = \left\{ -1,8 \log \left(\frac{\xi/D}{3,7} \right)^{1,1} + \frac{6,9}{Re} \right\}^{-2} \quad (3.8)$$

Yukarıdaki denklemde tek bilinmeyen değerimiz olan ξ değeri tank malzemesinin özelliklerinde gelmektedir. Buna göre tank yapımında kullanılan paslanmaz çelik için $\xi=0,002\text{mm}$ alınmaktadır. Tüm değerler yerine konulduğunda f değeri bulunur (3.9).

$$f = \left\{ -1,8 \log \left(\frac{2 \cdot 10^{-6}/0,05}{3,7} \right)^{1,1} + \frac{6,9}{187125} \right\}^{-2} = 0,016 \quad (3.9)$$

Yukarıda elde edilen f değeri, Bernoulli denkleminde (3.10) kullanılarak borunun çıkışındaki akış hızı elde edilir.

$$\frac{P_0}{\rho \cdot g} + \frac{V_0^2}{2g} + Z_0 = \frac{P_B}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2g} + Z_B + \sum E_f \quad (3.10)$$

Sıvı 0 noktasında durağan olduğu için denklemde ki V_0 değeri sıfır olur. Bunun dışında her iki noktada da atmosfer basıncı olduğundan P_0 ve P_B değerleri birbirine eşit olmasından dolayı eşitliğin iki tarafındaki değerler bir birini götürür. Sonuç olarak 3.11 numaralı denklem elde edilir.

$$\Delta Z_{0-B} = \frac{V^2}{2g} + \sum h_f \quad (3.11)$$

Yukarıdaki denklemden hıza ulaşmak için öncelikle toplam kayıp bulunmalıdır. Bunun için 3.12 numaralı denklem kullanılır.

$$\sum h_f = \left(\sum k \right) \frac{V^2}{2g} + f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (3.12)$$

Toplam K değeri tankın keskin kenarlarından (K_c) ve kelebek vanadan (K_v) kaynaklanmaktadır. Bu değerler sabit olup $K_c=0,5$ ve $K_v=0,86$ olarak alınır. Buna göre toplam kayıp aşağıdaki gibi bulunur.

$$\sum h_f = (0,5 + 0,86) \frac{V^2}{2g} + 0,016 \frac{0,6}{0,05} \frac{V^2}{2g} = 1,55 \frac{V^2}{2g} \quad (3.13)$$

Bu değer 3.11'deki denklemde yerine konulduğu zaman toplam kayıp elde edilir (3.14).

$$1,05 = \frac{V^2}{2g} + 1,55 \frac{V^2}{2g} \text{ ise } V = 2,83 \text{ m/s} \quad (3.14)$$

Bu hızla borudan akan suyun çıkış hızının bulunması için, hız borunun alanı ile çarpılır (3.15).

$$\dot{V} = V \cdot A = 2,83 \frac{\pi 0,05^2}{4} = 5,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.15)$$

Litre cinsinden bulmak için ise;

$$\dot{V} = (5,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) \left(\frac{1000 \text{ lt}}{1 \text{ m}^3} \right) = 5,56 \text{ lt/s} \quad (3.16)$$

Tüm işlemler tek boru olarak varsayımı üzerine yapıldığından ve gerçekte boru hattı ikiye ayrıldığı için, bulunan bu değer ikiye bölünerek, dolum için bir sepete 2,78 lt/s akış olduğu bulunmuş olur. Kullanılan sepetin hacmi 45 lt olup bu hacmin 35 lt kadarını peynir kalıpları kapsamaktadır. Sonuç olarak kalan 10 lt kadar boşluk 2,78 lt/s akış hızı ile 3 saniyede doldurulmaktadır. Bu sürede peynir istenilen seviyede

salamura suyu ile doldurulur. Bu denklemlerden sonuç olarak dolum vanalarının 3 saniye açık kalması gerektiği hesaplanmıştır.

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının son fonksiyonu salamura dolumu yapılan sepetlerin sayımıdır. Dolum yapılan sepet sayısı bir sayaçta sayılarak Şekil 3.14’de gösterilen kontrol paneline yazdırılır ve buradan makinanın yaptığı salamurası doldurulmuş sepet sayısı belirlenir. Bu sayacın çalışması vanalara verilen dolum işlemi tamam komutundan sağlanır. Daha önce anlatıldığı üzere salamura tankın altına gelen sepetler ilgili sensörler gözüktükten sonra belli bir süre dolum için bekletilir. Bu bekleme süresi bittikten sonra dolum işleminin bittiği komutu ile sepetin önüne kesen piston aşağı indirilirken aynı anda sepet sayacı da iki adet artar. İki adet artmasındaki sebep ise dolum işleminin sepet çiftleri halinde gerçekleşmesidir. Şekil 3.14’de bu sayacın bilgisinin yansıtıldığı kontrol paneli gösterilmiş ve her bir alanın fonksiyonu açıklanmak üzere numaralandırılmıştır. Genel olarak bahsetmek gerekirse, sayaç dışında bu panele daha birçok işleve sahiptir. Panel üzerinden yetkili personel operatör tanımlaması yapar ve sadece tanımlaması yapılmış olan operatör tarafından bu makina aktive edilir. Operatörler işleme başlamadan önce kullanıcı adı ve şifrelerinin girerek makinayı başlatırlar ve makinanın başında hangi zamanlarda hangi personelin çalıştığı bilgisi de tutulur. Bunun dışında panel üzerinden çalışma modu seçilir ve CIP işlemimi yoksa üretim işlemimi yapılacağı belirlenir. Panel üzerinden alarmlar görüntülenebileceği gibi reset tuşu ile tüm sistem elemanları ilk haline döndürülebilir. Panel üzerinde bulunan reçete bölümünün bu makina için bir işlevi yoktur. Reçete butonu farklı gramajlara ayarlanabilen makinalarda kullanılmaktadır ve buradan seçilen türe göre makina çalışır. Bu kontrol panelinin standart bir tasarımı olmasından dolayı sepet yıkama ve salamura dolum makinasında bir işlevi olmamasına rağmen orda bulunmakta ve tek bir dolum türü barındırmaktadır.



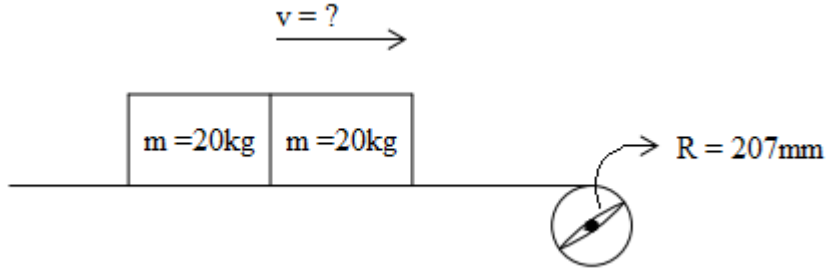
Şekil 3.14 Kontrol paneli

Aşağıda ise Şekil 3.14’te numaralandırılan tuşların açıklaması yapılmıştır:

- 1- Üretim yada CIP modunun belirlenmesi,
- 2- Gramaj ayarı
- 3- Ürün sayacının görüntülenmesi,
- 4- Operatör bilgisinin girilmesi,
- 5- Reset tuşu
- 6- Ana sayfa,
- 7- CIP modu izlenmesi,
- 8- Operatör kayıtları,
- 9- Yetkili Giriş,
- 10- Alarm görüntüleme,
- 11- Genel ayarlar.

Tüm bu işlemlerin sonucunda salamura dolundan çıkan sepetler bir operatör tarafından bekleme odasına götürmek üzere paletlere yüklenir. Yukarıda anlatılan bu akış mantığından anlaşılacağı üzere sepet yıkama, sepet çevirme, peynir dolumu ve salamura dolumu işlemleri ardışık olmalarına rağmen paralel çalışmaktadırlar. Peynir dolumu basamağında bulunan adımlar ise seri çalışarak bir sepet çiftinin dolumu bitmeden diğer sepet çiftine geçilmemesi şeklinde çalışmaktadır. Bu durum bir sonraki bölüm olan yazılım mantığı kısmında daha anlaşılır bir şekilde anlatılmıştır.

Bu bölümünde son olarak istenilen üretim sayısı için gerekli olan sepet hızı ve buna göre redüktörün gerekli parametreleri hesaplanmaktadır. Şekil 3.15’de konveyör ve sepet ile birlikte gerekli parametreler temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Temsili konveyör ve sepet çizimi

İlk olarak hızı hesaplamak adına ulaşmak istediğimiz üretim hızını belirlemek gerekir. 500 sepet/saat olarak belirlenen bu değerden 1 sepetin ulaşması gereken hız hesaplanır. Buna göre basit orantı hesabından 500 sepet 1 saatte çıkıyor ise 1 sepet kaç saate çıkar bu hesaplanır (3.17).

$$1 \text{ sepettin üretim zamanı} = \frac{1 \text{ sepet}}{500 \text{ sa}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ sa} \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ sa}} = 7,2 \text{ s} \quad (3.17)$$

Hesaplanan bu süreye sepet çevirme (5s), peynir dolum (5s), salamura dolum (5s) kısımlarındaki kayıplarda eklendiğinde 1 sepetin üretim hattı boyunca ne kadar zaman geçirdiği hesaplanır. Bu hesaba göre toplan süre 22,2 saniye olarak hesaplanır. Toplam konveyör boyu 30 metre olduğu düşünüldüğü zaman basit bir hız denkleminde sepetin hızı hesaplanır (3.18)

$$v = \frac{x}{t} = \frac{30 \text{ m}}{22,2 \text{ s}} = 1,35 \text{ m/s} \quad (3.18)$$

Redüktörün gücünü hesaplamak için ise önce çekmesi gereken toplam yük hesaplanır (3.19). Bu hesaplamada sürtünme katsayısı göz ardı edilir. Hesaplanan bu kuvvet hız ile çarpılarak da gereken güç bulunur (3.21).

$$F = g\mu(m_{\text{konveyör}} + m_{\text{sepet}}) \quad (3.19)$$

Bu hesapların yapımında en ağır yükü taşıyan dolum konveyörü temel alınmıştır. 80 kg yük taşıyan bu konveyör 6 m uzunluğuna sahiptir. Konveyör zincirinin 1,4 kg/m ağırlığı olduğu bilindiğine göre zincirin toplam ağırlığı 8,4 kg olarak alınır ve redüktörün çekeceği toplan yük 88,4 kg olarak hesaplanır. Bu değerler 3.19 numaralı denklemde yerine konulduğunda gereken kuvvet hesaplanır (3.20).

$$F = (9,81 \text{ m/s}^2) \cdot (88,4 \text{ kg}) = 867 \text{ N} \quad (3.19)$$

$$P = F \cdot v \frac{1kW}{1000 N \cdot m/s} = \frac{867.1,35}{1000} = 1,1kW \quad (3.20)$$

Bir sonraki adım olarak ise istenilen hızdan yola çıkarak redüktörün çıkış devir sayısı(n) hesaplanır (3.21).

$$v = \frac{\pi dn}{1000}, ise, n = \left(\frac{1000 \cdot 1,35 m/s}{3,14 \cdot 0,207m} \right) \cdot \left(\frac{1dk}{60s} \right) = 34,6 dev/dk \quad (3.21)$$

En son olarak ise redüktörün döndürme momenti hesaplanarak gerekli parametreler bulunmuş olur (3.22).

$$M = 9550 \frac{P}{n} = 9550 \frac{1,1kW}{34,6 dev/dk} = 303,6Nm \quad (3.22)$$

Bu hesaplara en yakın standart olan ve bölüm 2.3.1’de verilen redüktör modeli seçilmiştir.

3.3 Hata Analizi

Bu bölümde, tez kapsamında tasarlanan sepet yıkama ve salamura dolum makinası için tasarım aşamasının başında yapılan hata analizi anlatılmaktadır. Sepet yıkama, peynir dolum ve salamura dolum süreçlerini otomatize eden üretim hattının ilk tasarımı yapıldıktan sonra tasarımı yapılmış olan sistemde ki muhtemel hatalar analiz edilip kritik olan kısımlar belirlenerek gerekli önlemler alınmıştır.

Hata analizi yapmakta FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem türkçede HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) olarak geçmektedir. Bu analiz yöntemi ile var olan sistem üzerinde olası hatalar risk olarak belirlenerek üç farklı kriterde puanlandırılmaktadır. Belirli puanın üstünde çıkan riskler için gerekli önlemlerin alınması hedeflenmektedir. Puanlaması yapılan üç kriterden bahsetmek gerekirse bunlar; olasılık, saptanabilirlik ve şiddet olarak geçmektedir. On üzerinden puanlandırılan bu kriterlerin birbiri ile çarpılması sonucu Risk Öncelik Sayısı (RÖS) elde edilir ve bu puanın 100’ün üzerinde olması durumunda önlem alınması gerekmektedir.

Bu bağlamda tasarlanan makina üzerindeki olası riskler Çizelge 3.1’de sıralanmış ve FMEA açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.1 Hata Türü ve Etkileri Analizi tablosu

Parça/ Proses No	Proses Adı/ Operasyon Tanımı	HATA TÜRLERİ	HATANIN ETKİLERİ	HATANIN SEBEPLERİ	MEVCUT KOŞULLAR					ÖNERİLEN FAALİYET
					MEVCUT PROSES KONTROLLERİ	OLASILIK	ŞİDDET	SAPTANABİLİRLİK	RÖS	
1	Salamura Dolum	Dolum Vanası Tıkanması	-Salamura dolumu yapılmamış ürün	- İstenmeyen maddeler - Yetersiz temizlik	Göz ile kontrol	2	10	4	80	- CIP işlemi için standart süre belirlenmesi -Flow Metre kullanılması
2	Salamura Dolum	Yetersiz Sıvı Akışı	- Yetersiz salamura dolumu yapılmış ürün	- İstenmeyen maddeler - Yetersiz temizlik	Göz ile kontrol	2	8	6	96	- Flow metre kullanımı - Konveyörde tartı kullanımı
3	Salamura Dolum	Sensörün etkisiz hale gelmesi	-Dolum işleminin gerçekleşmemesi - Konveyör üstünde sepet birikmesi	- Sensörün bozulması - Dışardan müdahale	Göz ile kontrol	2	9	3	54	-Güvenilir sensör tedarikçisi - Sensör konumlarında güncelleme
4	Salamura Dolum	Yanlış modda çalıştırma	- Yıkama ve solum atlarında karışıklık, - Salamura dolumu yapılmamış ürün	- Operatör dikkatsizliği	Göz ile kontrol	4	10	3	120	Sensör kullanılarak yanlış modda çalıştırmanın engellenmesi
5	Salamura Dolum	Dolum tankının taşması/dolmaması	- Salamura suyu israfı - Salamura dolumu yapılmamış ürün	- Fabrika hattındaki problemler	Göz ile kontrol	3	10	7	210	Seviye sensörleri ile kontrol
6	Peynir Dolum	Sensörün etkisiz hale gelmesi	- Sepet birikmesi - Peynir dolumunun gerçekleşmemesi	- Sensörün bozulması - Dışardan müdahale	Göz ile kontrol	3	9	3	81	-Güvenilir sensör tedarikçisi - Sensör konumlarında güncelleme
7	Sepet Çevirme	Sepetlerin üst üste binmesi	Makinaya sepet beslenmesinin durması	- Sık sepet beslenmesi	Göz ile kontrol	7	10	2	140	-Sensör kullanılması - Konveyörü kademeli ilerletme

Çizelge 3.1'den görüldüğü üzere, makinanın ilk tasarım aşamasında 7 adet potansiyel risk belirlenmiş ve bu risklerin RÖS puanlaması yapılmıştır. RÖS puanının hesaplanmasında kullanılan üç kriterden biri olan olasılık bu hatanın gerçekleşme ihtimali yüksekliğine göre 1 ile 10 arasında verilmektedir. Bu puanın 10'a yaklaşması hatanın oluşma riskinin büyük olması manasına gelir. Bir diğer kriter olan şiddet ise hatanın sonuçlarının makinarya ne kadar büyük bir etkisi olduğuna göre verilmektedir. Bu puan 10'a yaklaştıkça hatanın şiddetinin arttığı anlaşılmaktadır. Son kriter olan saptanabilirlik ise söz konusu hata oluştuğu sırada fark edilebilmesini temsil eder. Hatanın anlaşılması ne kadar zor ise puanı 10'a okadar yakın olur.

Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere 7 farklı hata türü belirlendi. Tüm bu hataların ortak noktası mevcut kontrolün görevli operatör tarafından yapılıyor olması oldu. Bu durum tüm hata türlerinin saptanabilirlik puanlarını belirledi. Hata türlerinde ilki olan dolum vanasının tıkanması durumunda oluşacak olan sonuç göz ile anlaşılabilirliğinden saptanabilirliği 3 olarak belirlendi. Makinanın ana amacı olan salamura dolum işleminin gerçekleşmeyeceğinden dolayı ise şiddeti 10 olarak puanlandı. Vana tıkanması durumu sıvının akışkan olması ve katı madde barındırmamasından dolayı ise 2 olarak belirlendi. Bu puanlamalar sonucu RÖS değeri 60 elde edilen bu hata önlem almaya değer görülmedi. Buna rağmen alınabilecek olası önlemler tabloda belirtildi.

İkinci hata ise yetersiz salamura akışı oldu. Bu durumda peynir sepetinin yeterli miktarın altında doludurulmuş olması değerlendirildi. Gözle dolum seviyesinin belirlenmesinin zor olacağından saptanabilirlik puanı yüksek değerlendirildi. Şiddeti ise hiç dolum yapılmamasına nispeten daha düşük tutuldu. Meydana gelme olasılığı ise salamura suyunun özelliklerinden dolayı düşük olarak değerlendirildi. Sonuç olarak RÖS değeri 100'ün altında çıktı.

Salamura dolum aşamasındaki sensörün etkisiz hale gelmesi ise üçüncü risk olarak alındı. Bu durumun oluşması sensöre dışardan bir darbe alması veya elektronik olarak işlevsiz hale gelmesi olarak belirlendi. Bu hatanın gerçekleşmesi durumunda salamura dolum hattına gelen sepetler algılanamayacağından dolayı, sepetlerin durdurucu pistona takılarak birekmesi ve birikme göz ile tespit edilmediği takdirde peynir dolumuna kadar uzayarak tüm makinaryı işlevsiz hale getireceği değerlendirildi. Bu durumun sonucu şiddet puanı yüksek olarak belirlendi.

Fakat sepetlerin birikmesi operatör tarafından kolayca tespit edilebileceği için saptanabilirlik puanı düşük tutuldu. Sensör üreticisine olan güven ve sensör konumlarının ayak altında olmaması hatanın gerçekleşme olasılığının düşük olmasını sağladı ve RÖS değeri 100'ün altında kaldı.

Daha önce anlatıldığı gibi üretim ve CIP olmak üzere iki farklı modu olan sepet yıkama ve salamura dolum makinasının bu modları için farklı aparatlar kullanılmaktadır. Üretim modunda çalışırken salamura dolum hattına dolum başlıkları yerleştirilirken, CIP modunda dolum hattında ters yıkama gerçekleşmek için yıkama başlıkları yerleştirilmektedir. Bu başlıklar ilgili mod başlatılmadan önce kesinlikle operatör tarafından değiştirilmelidir. Aparat değiştirme işleminin unutulması riski ise Çizelge 3.1'de dört numaralı satırda değerlendirilmiştir. İnsan faktöründen gerçekleşmesi beklenen bu hatanın olasılığı orta seviyede tutulmuş olup saptanabilirliği kolay olduğundan bu puanı da düşük tutulmuştur. Fakat hatanın oluşması durumunda salamura taşması veya yıkama suyunun etrafa dökülmesi gibi sonuçlar doğuracağından şiddet değeri yüksek belirlenmiştir. Sonuç olarak RÖS değeri 120 çıkan bu risk önlem alınması gereken bir durum olmuştur. Bunun üzerine bölüm 3.2'de anlatılan endüktif sensör kullanılmıştır. Bu sensör yıkama aparatını algılayarak makinanın hangi moda uygun olduğunu belirtmekte ve uygun olmayan modda çalışmasını engellemektedir.

Kontrollü besleme yapılan salamura dolum tankında oluşabilecek eksik veya fazla sıvı alımı beşinci hata riski olarak belirlendi. Orta seviyede tutulması gereken sıvı seviyesi bir sensörle sağlanırken, herhangi bir sebepten dolayı sıvı akışının sağlanamaması veya kesilememsi durumu düşünüldü. Sıvı akışının kesilememesi durumunda tankta taşmanın meydana geleceği ön görüldü. Sıvı alımının sağlanamadığı durumda ise sepetlere eksik salamura dolumu veya hiç salamura yapılamaması durumunun doğacağı belirlendi. Tankın kapalı bir sistem olması göz ile belirlenmeyi engellemesinden dolayı bu riskin saptanabilirliği yüksek olarak alındı. Salamura taşması veya dolum yapılmamış sepet riski ise şiddetin yüksek olmasına neden oldu. Riskin oluşma olasılığı düşük olsa bile şiddet ve saptanabilirlik değerlerinin yüksek olmasından dolayı RÖS değeri 210 olarak hesaplandı. Bu değerlendirmenin sonucu bölüm 3.2'de anlatılan önlemler alındı. Bu kapsamda tank seviyesini kontrol eden iki adet daha sensör eklendi.

Peynir dolum kısmında ki sensörlerin işlevsiz hale gelmesi ise 6. Hata riski olarak belirlendi. Tıpkı salamura dolum kısmındaki sensörler gibi dışarıdan gelebilecek bir darbe sonucu veya sensörün içinde oluşabilecek bir hatadan dolayı sensörlerin işlevini kaybetme olasılığı değerlendirildi. Bu sensörlerin algılama yapmaması sonucu, peynir dolum kısmına kontrollü beslenen sepetler kontrolü sağlayan pistonlara takılacağından bir birikme olacağı saptandı. Bu birikmenin tespit edilememesi halinde ise birikmenin sepet çevirme kısmına kadar uzayabileceği ve sepetlerin konveyör üzerinden düşebileceği sonucuna varıldı. Gerekli puanlandırılması yapılan bu riskin RÖS değerinin 81 çıkmasından dolayı bir önlem alınmadı.

Son hata durumu olarak ise sepet çevirme kısmı değerlendirildi. Bu aşamada takla atarak düz konuma getirilen sepetlerin üst üste binmesi durumu düşünüldü. Sepetlerin yıkama blümüne sık beslenmesi ile meydana gelebilecek bu hata sepetlerin konveyörden düşmesi sonucu doğurdu. Saptanabilirliği düşük olmasına rağmen olasılığı ve şiddeti büyük olan durumun RÖS değeri 140 çıktı ve önlem alınması gerektiği anlaşıldı. Bunun üzerine sepet çevirme kısmına bir sensör çifti yerleştirildi ve bu sensör bilgilerine göre çevirme konveyörü sepetlerin üst üste binmemesi adına kontrollü çalıştırıldı.

Bu analize göre 4,5 ve 7 numaralı risklere bölüm 3.2’de detaylı olarak anlatıldığı üzere önlemler alındı. Geriye kalan riskler ise olasılıklarına göre öneriler kısmında bahsedilerek alınabilecek önlemleri gösterildi. HTEA felsefesi gereği önlemi alınan hatalar Çizelge 3.2’de gösterildiği üzere bir kez daha bu analize tabi tutuldu.

Çizelge 3.2 Hata analizi sonucu yapılan faaliyetler

Parça/ Proses No	Proses Adı/ Operasyon Tanımı	HATA TÜRLERİ	Faaliyet Sonuçları				
			YAPILAN FAALİYETLER	OLASILIK	ŞİDDET	SAPTANABİLİRLİK	RÖS
1	Salamura Dolum	Yanlış modda çalıştırma	Endüktif Sensör Kullanımı	1	10	1	10
2	Salamura Dolum	Dolum tankının taşması/dolmaması	Ek olarak iki adet seviye sensörü kullanımı	4	10	1	40
3	Sepet Çevirme	Sepetlerin üst üste binmesi	Var yok sensörü eklenmesi	1	10	1	10

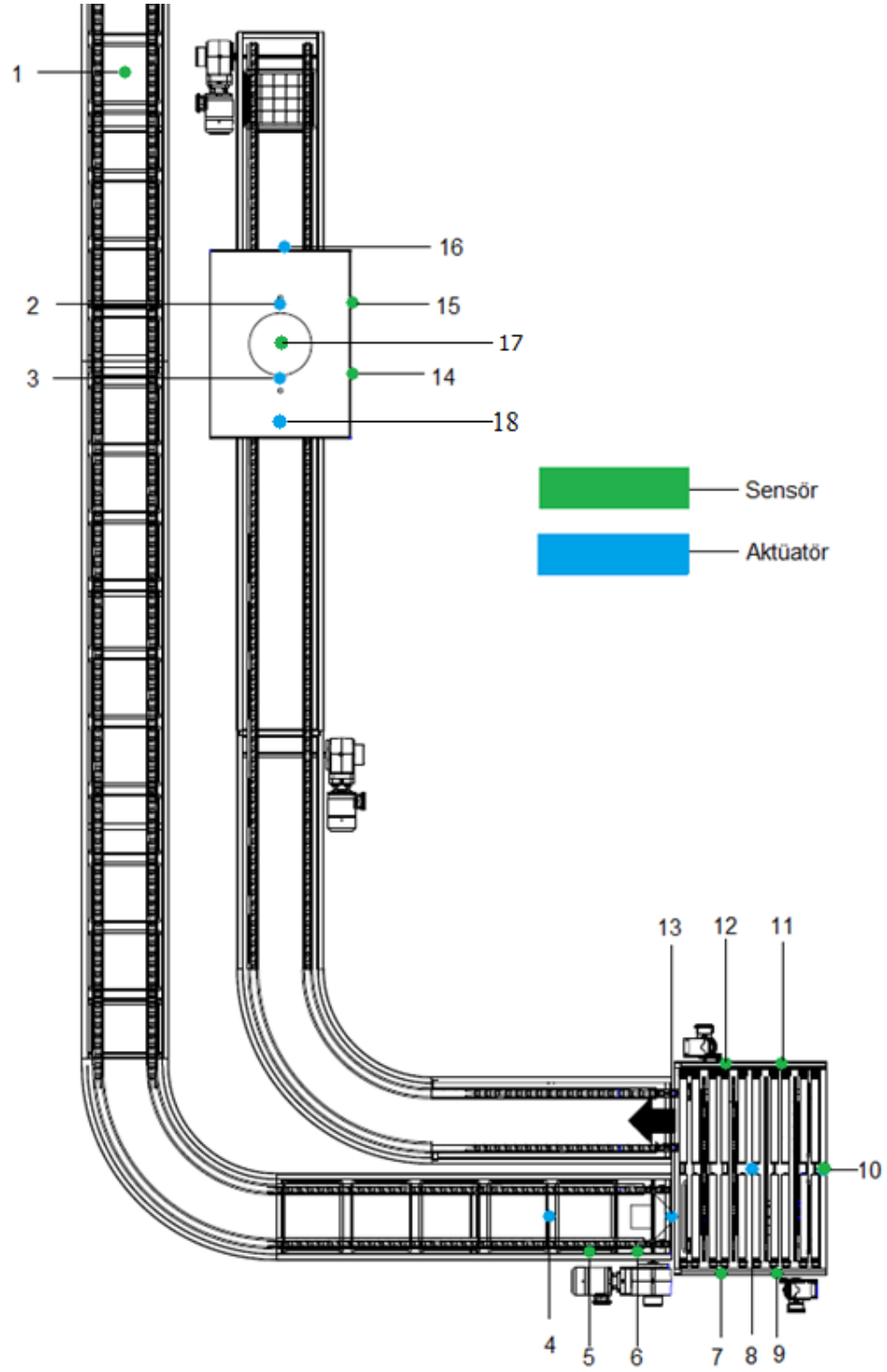
Alınan önlemler sonucu Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi RÖS puanları kritik değer olan 100’ün altına çekildi ve makina önemli risklerden arındırılmış oldu.

3.4 Yazılım Mantığı

Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının kontrolü için yapılan yazılımı mantığını anlatmak adına, kontrol için kullanılan elemanlar şekil 3.16’da numaralandırılmış ve çizelge 3.3’te bu elemanların açıklaması yapılmıştır. Ayrıca Ek B’de, anlatılan bu kısmın PLC yazılımı verilmiştir.

Çizelge 3.3 Makina elemanlarının kodlanması

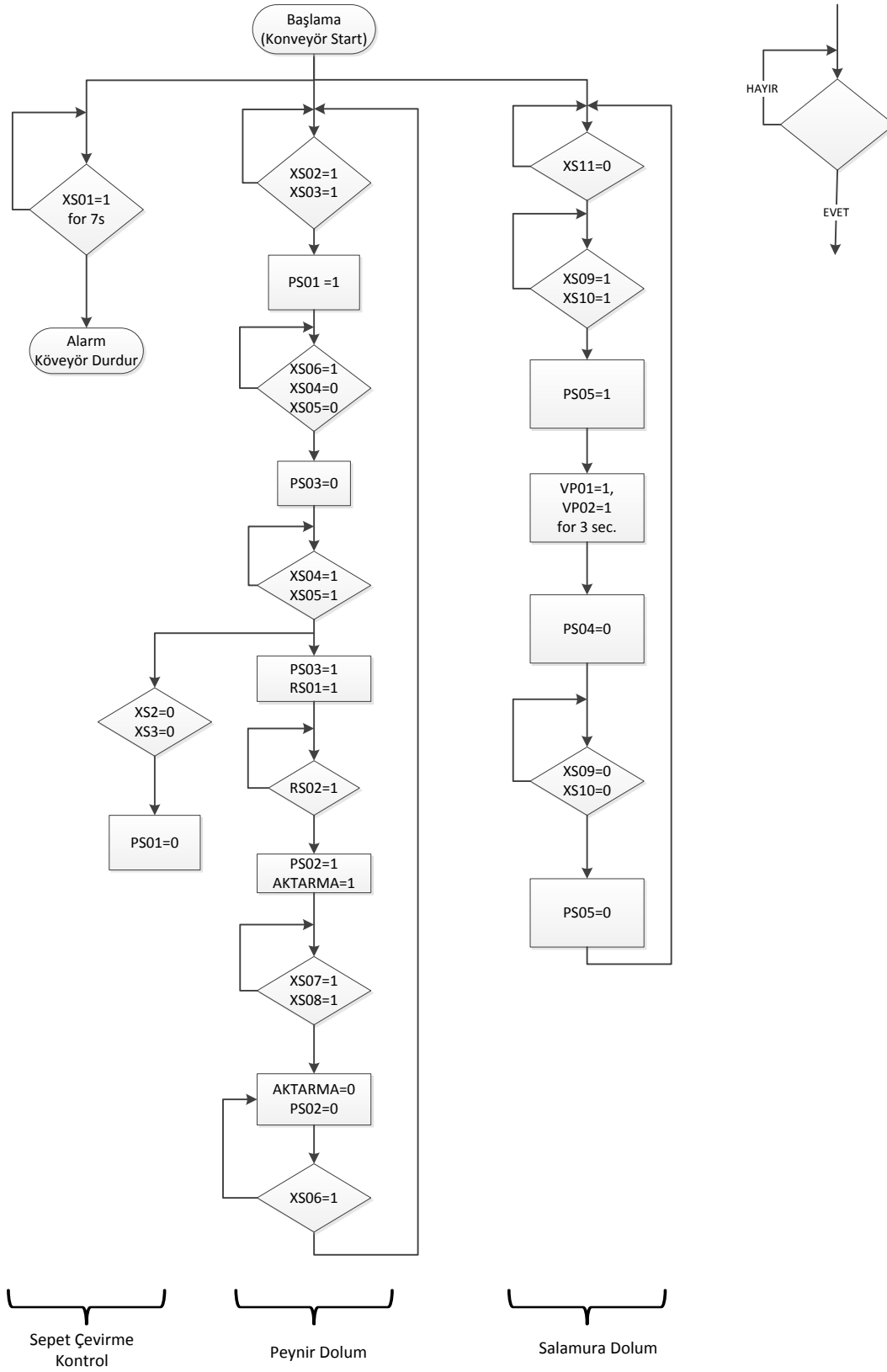
Numara	Eleman adı	Temsil İsmi	Başlangıç Koşulu
1	Fotoelektrik Sensör Çifti	XS01	0
2	Pnömatik Valf	VP01	0
3	Pnömatik Valf	VP02	0
4	Pnömatik Piston	PS01	0
5	Fotoelektrik Sensör	XS02	0
6	Fotoelektrik Sensör	XS03	0
7	Fotoelektrik Sensör	XS04	0
8	Pnömatik Körük	PS02	0
9	Fotoelektrik Sensör	XS05	0
10	Endüktif Sensör	XS06	1
11	Fotoelektrik Sensör	XS07	0
12	Fotoelektrik Sensör	XS08	0
13	Pnömatik Piston	PS03	1
14	Fotoelektrik Sensör	XS09	0
15	Fotoelektrik Sensör	XS10	0
16	Pnömatik Piston	PS04	1
17	Endüktif Sensör	XS11	0
18	Pnömatik Piston	PS05	0
19	Röle (Robota giden sinyal)	RS01	0
20	Röle (Robottan gelen sinyal)	RS02	0



Şekil 3.16 Kontrol elemanları numaralandırılması

Çizelge 3.4’de ise Sepet dolumu aşamalarının basamakları gösterilmiştir. Ayrıca bu tabloda basamaklar arasında ilişkiler ve hangi durumlarda bu basamaklara geçildiği ile birlikte bu durumlarda hangi hareketlerin yapıldığı bilgisi verilmiştir. Şekil 3.17’de ise bir sepet çiftinin sepet yıkamadan son ana kadar ki senaryosu, sepet çevirme, peynir dolum ve salamura dolum basamakları paralel şekilde gösterilerek

anlatılmıştır. ‘Aktarma’ olarak isimlendirilen eleman Şekilde 3.16’da gösterilmemiştir olup aktarma konveyörünün redüktörünü temsil etmektedir.

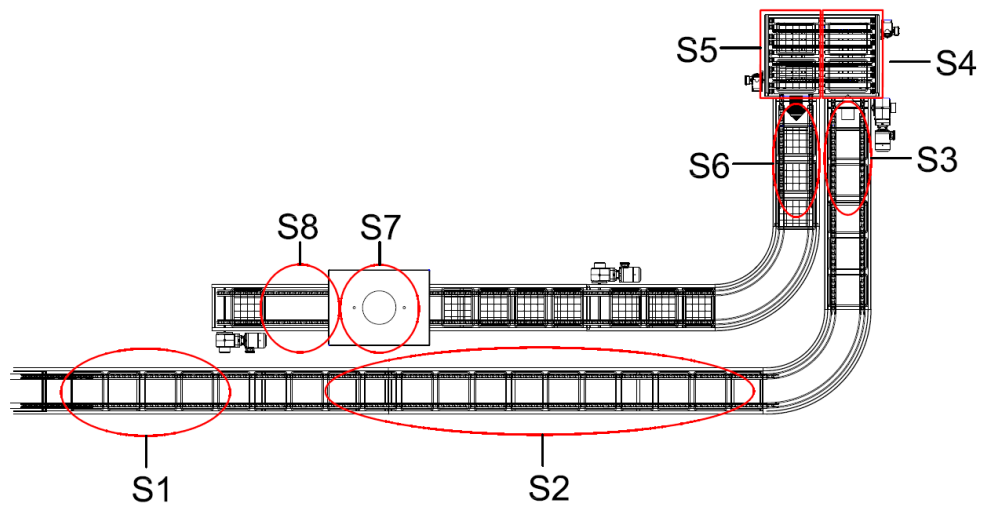


Şekil 3.17 Yazılım akış şeması

Çizelge 3.4 Durum açıklaması

Süreç Adı	Durum	Durum Şartları	Durum Hareketleri
Sepet Kontrol	S1	Timer1 < 7s veya Timer1 ≥ 7s	Alarm veya devam
Balans Konveyörü	S2	Timer < 7s	-
Sepet Bekletme	S3	XS02=1 ve XS03=1	PS01=1 ve PS03=0
Sepet Dolum	S4	XS06=1 ve XS04=1 ve XS05=1	RS01=1
Sepet Aktarma	S5	RS02=1	PS02=1 ve Aktarma=1
Dolum Terk	S6	XS07=1, XS08=1 ve XS06=0	PS02=0 ve Aktarma=0
Salamura Dolum	S7	XS09=1, XS10=1 ve XS11=0	PS05=1, VP01=1 ve VP02=1
Sepet Çıkış	S8	Timer2=3s	VP02=0, VP01=0 ve PS04=0

Aşağıda verilen Şekil 3.18’de ise yukarıdaki çizelgede tanımlanan basamakların makina üzerindeki konumlandırılması yapılmıştır. Bu basamakların sıralaması bir sepet çifti için art arda gelirken, basamaklar birbirinden bağımsız olarak da çalışmaktadır. Örneğin S7 basamağında bir sepet çiftinin salamura dolumu yapılırken aynı anda S4 basamağında diğer bir sepet çiftinin peynir dolumu yapılıyor olabilir. Çalışma mantığına göre S3,S4,S5 ve S6 basamakları birbiri ile bağlantılı ve S7 ve S8 basamakları birbiri ile bağlantılı çalışırken bunun dışında sistem paralel çalışmaktadır.



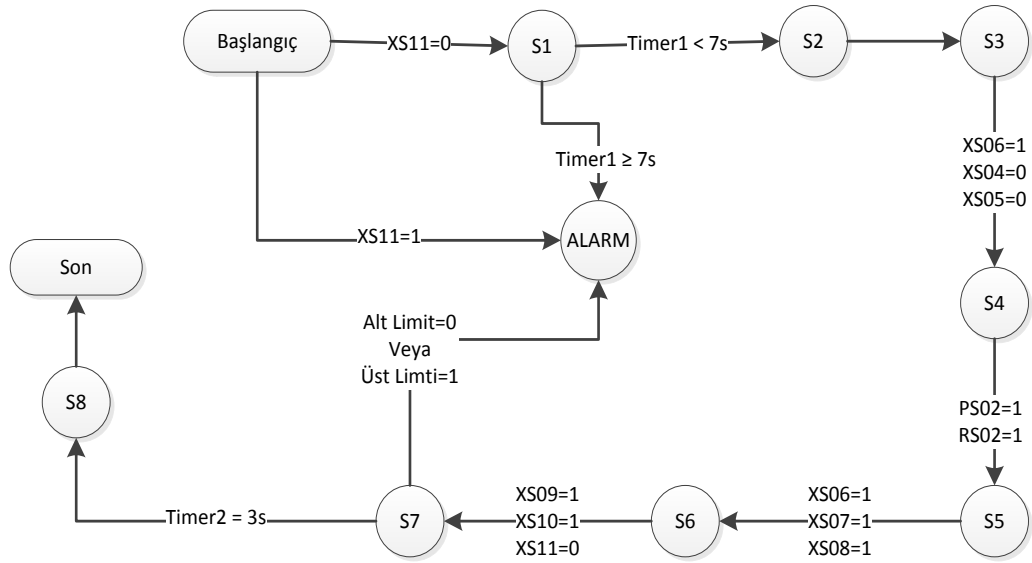
Şekil 3.18 Durum basamakları

Çizelge 3.5 Durum değişkenlerinin halleri

Durum	Değişken Durumları																			
	XS01	XS02	XS03	XS04	XS05	XS06	XS07	XS08	XS09	XS10	XS11	PS01	PS02	PS03	PS04	PS05	VP01	VP02	RS01	RS02
Başlangıç Koşulu	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
S1	0/1	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC
S2	0	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC
S3	DC	1	1	1	1	0/1	DC	DC	DC	DC	DC	1	DC	1	DC	DC	DC	DC	DC	DC
S4	DC	DC	DC	1	1	0/1	0	0	DC	DC	DC	DC	0/1	1	DC	DC	DC	DC	1	0/1
S5	DC	DC	DC	0	0	0/1	1	1	DC	DC	DC	DC	0/1	0/1	DC	DC	DC	DC	0	1
S6	DC	DC	DC	DC	DC	1	0	0	DC	DC	DC	DC	0	0	DC	DC	DC	DC	DC	DC
S7	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	1	1	0	DC	DC	DC	1	1	1	1	DC	DC
S8	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	DC	0	0/1	0	0	DC	DC

Bir önceki sayfada verilen Çizelge 3.5’de bir sepet çiftinin sepet yıkamadan çıktıktan sonra salamura dolumum terk edene kadar ki geçtiği aşamalara göre sensör ve aktüatörlerin durumları verilmiştir. Sepet çiftinin geçtiği aşamalar durum diyagramındaki S1’den S7’ye kadar olan durumlarla ilişkilendirilmiş olarak gösterilmektedir. Her durum bir aşamayı temsil eder. Sepet çiftinin hangi sensörleri ve aktüatörleri aktive ettiği ve bu sırada diğer sensörlerin ne durumda olduğu anlatılan bu çizelgede, ‘DC’ ile gösterim, o an için o elemanın durumunun, söz konusu sepet çiftine bağlı olmadığını ifade etmektedir. Bu gösterim o anda elemanın herhangi bir değerde olabileceği manasını verir. Çizelgede “/” işareti ile gösterilen iki farklı durum ise bu elemanın o durumda yazılan iki değeri de alabileceğini göstermektedir.

Aşağıda verilen Şekil 3.19’da, Çizelge 3.4’te verilen durumlar diyagrama aktarılmıştır. Bu gösterimde de bir sepet çifti baz olarak alınmış olup, durumlar bir basamak olarak gösterilmiş ve bir basamaktan diğer basamağa geçiş şartları verilmiştir.



Şekil 3.19 Durum diagramı akış şeması

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde; peynir üretim sürecinin bir basamağı ve ambalajlama işleminin gereği olan tuzlama aşaması otomatize edilmiş ve zamandan tasarruf edilmesi, maliyetin aşağı çekilmesi ve hijyen koşullarının iyileştirilmesi amacı güdülmüştür. Hali hazırda insan gücü ile sürdürülen bu işlem tez kapsamında tamamen sıfırdan yapılan bir tasarım ile otomatize edilmiştir. Yapılan tasarım, fabrika üretim sistemine özel olarak tasarlandığından kendisine benzer başka bir sistem bulunmamaktadır. Dolayısı ile yapılan makina kendi alanında bir yenilik ifade etmektedir.

Bu kapsamda anlatılan sepet yıkama ve salamura dolum makinasının üretilmesi ile elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiş ve peynir üretiminin tuzlama sürecini otomatize eden makinanın iyileştirilmesi için öneriler ifade edilmiştir.

4.1 Sonuçlar

Makinanın üretilmesi ile elde edilen sonuçları en iyi şekilde anlatmanın yolu, bu makinanın üretilmesi ve sürecin bir parçası olmasıyla gelinecek durum ile sürecin daha önceki halinin kıyaslanması olacaktır. Bu bağlamda ilk olarak istenilen maliyetlerin aşağı çekilmesi kıstasından bahsedecek olursak, sepet yıkama ve salamura dolum makinasının en belirgin faydalarından biri, peynirlerin sepete konulması ve salamura doldurulması kısmında çalışan operatör sayısındaki düşüştür. Daha önce peynirlerin sepete konulmasında sekiz adet operatör kullanılırken makinanın kullanılması ile birlikte bu aşamadaki operatör ihtiyacı ortadan kaldırılmıştır. Bu aşamadan sonra gelen salamura dolumu ise makinanın kullanımından önce bir operatör ile gerçekleştirilmekteydi. Sepetlere, diğer operatörlerin peynir dolumu yapmasının ardından ilgili operatörün kullandığı hortum ile vasıtası ile salamura dolumu yapılmaktaydı. Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının kullanılması ile birlikte bu aşamada da operatör ihtiyacı ortadan kaldırıldı. Sepet yıkama kısmına gelecek olursak, bu işlem ise 2 operatör tarafından hortumlar ile gerçekleştiriliyordu. Bu aşamada da operatör gereksinimi ortadan kaldırılmış oldu ve toplam da 11 adet

operatör ihtiyacı giderilmiş oldu. Sepet yıkama ve salamura dolum makinası da sorunsuz çalışması için operatörler görevlendirildi. Bu operatörlerden ilki sepet yıkama kısmında sepetlerin makinaya beslenmesi için kullanıldı. Bu mantık çerçevesinde diğer operatör gereksinimi salamura dolumu tamamlanmış sepetlerin konveyörün sonuna gelmesi ile birlikte sepetlerin paletlere aktarılması kısmında doğdu. Kullanılan bu operatörler eski sistemde de gerekliydi. Bunların dışında son olarak makinanın çalışmasını gözlemleyerek, makina tarafından her hangi bir hata bildirimi durumunda gerekli düzeltmeleri yapmak amacı ile bir operatör daha görevlendirildi. Makinanın sisteme eklenmesi ile birlikte sadece bu operatör ihtiyacı doğmuş oldu. Sonuç olarak sepet yıkama ve salamura dolum makinası ile birlikte, 11 olan operatör sayısı eleminde edilerek tüm bu işlemler için sadece 1 operatör görevlendirilmiş oldu ve 10 adet operatörden tasarruf sağlandı.

Daha öncede bahsettildiği gibi yıkama ve dolum işlemleri otonom hale gelmesi ile birlikte sepet yıkama ve salamura doldurulması kısmındaki operatörlerin eleminde edildi ve bu operatörlerin yaptıkları hortum ile dolum ve yıkama işlemi ortadan kaldırıldı. Bu durum sadece operatör sayısında azaltmaya değil aynı zamanda bu işlemlerde kullanılan sıvıların gereğinden fazla kullanımını engelleyerek de başka bir tasarruf sağladı. Sepet yıkama işleminde kullanılan sıvılar makinanın bu bölümünde bir haznede toplanarak 2 adet filtreden geçmek sureti ile tekrar kullanılmaya başlandı. Bu sayede daha az sıvı ile daha çok sepet yıkama işlemi gerçekleştirilmesi sağlandı. Salamura dolum kısmında ise operatörün elle yaptığı işlemde sıvı taşması ve boş yere akıtılması durumunun önüne geçildi. Otomatize edilen işlem ile salamura suyu sepet dışına sıçratılmadan ve taşmadan dolum yapılması sağlandı ve salamura suyu israfının önüne geçildi.

Gıda sektörünün en önemli kıstası olan hijyen konusunda sepet yıkama makinasının kullanılması ile birlikte gelişme gösterilen konulardan biri olmuştur. Daha önce operatör tarafından yapılan yıkama işlemi tamamen operatörün o işlemi nasıl yaptığına bağlı olup sepetlerin yıkanmadan çıkması veya yeteri kadar yıkama suyuna maruz kalmaması gibi durumlar ortadan kaldırıldı. Kullanılan nozul sistemi ile sepetlerin her noktasına ulaşım sağlandı ve sepetlerin bu aşamada yıkanmadan çıkmalarının önü kesilmiş oldu. Bu bağlamda da hijyen koşulları daha güvenilir hale geldi. Salamura dolum kısmında tasarlanan CIP işlemi ile makinanın kendi kendini hijyenik bir şekilde temizlemesi sağlanarak, makina kullanımından kaynaklanacak herhangi bir anti hijyenik durumun önüne geçilmiş olundu.

Belki de en önemli kıstaslardan biri olan ve birim zaman maliyetine en belirgin şekilde aşağı çekecek kısım olan üretim hızı da bu makina ile birlikte gelişme gösterdi. Sepet yıkama ve salamura dolum makinasının çalışma mantığında anlattığımız gibi yıkama kısmı sepet kirine bağlı olarak operatör tarafından ayarlanabiliyordu. Bu sebepten dolayı makinanın üretim hızından bahsetmek için bu bölüm ayrı tutuldu. Yıkama kısmından çıkan sepetler peynir yerleştirilmiş ve salamura suyu doldurulmuş halde makineyi terk etmesi sağlayan salamura dolum kısmının kapasitesi 500 sepet/saat olarak tasarlandı. Bu bağlamda makina saatte 500 adet tuzlama işlemi tamamlanmış ve bekletilmeye hazır peynir bloklarının üretilmesini sağladı.

4.2 Öneriler

Tez sonucunda üretilen sepet yıkama ve salamura dolum makinası birim zaman maliyetlerinin aşağı çekilmesi ve hijyen koşullarının geliştirilmesi kapsamında çok büyük işler başardı. Fakat her insan yapımı olan eşya gibi bu makinada da geliştirilmeyi bekleyen kısımlar bulunmaktadır. Bunlardan ilki operatör ile yapılan, sepet beslenmesi ve işlemi tamamlanmış sepetlerin paletlere yüklenmesi kısmıdır. Bu kısımları geliştirmek amacı ile sepet yıkama makinasının başına karışık halde konulmuş sepetlerin düzgün bir şekilde makinaya girişini sağlayacak bir besleme sistemi tasarlanabilir. Çıkış kısmında ise ağır peynir sepetlerinin operatör kullanmadan paletlere yerleşimini sağlayacak bir başka sistemde bu makineyi büyük ölçüde geliştirecek bir çalışma olacaktır. Bu sayede operatörlerde oluşacak bel fıtığı gibi sağlık sorunlarında önüne geçildi.

Bu iki geliştirme ile birlikte 1'e düşürülebilecek olan operatör sayısını sıfıra indirmek için makinadaki kontrol ve alarm mekanizmalarında gelişmeler sağlanabilir. Hali hazırdaki makina tasarımında sadece sepet çevirme kısmında ve yıkama (CIP) ile salamura dolum kısımlarında kontrol mekanizmaları bulunmakta. Bu mekanizmalara ilave olarak eklenebilecek ilk kontrol sistemi konveyörün doğru bir şekilde hareket ettiğini teyit edecek bir sistem olabilir. Konveyör sisteminde oluşabilecek herhangi bir kopma durumu algılanması için konveyör zinciri hattına bir optik sensör yerleştirilebilir. Bu sensör, konveyör sorunsuz çalıştığı durumda sürekli zinciri görerek düzgün çalışmayı algılamak, herhangi bir kopma durumunda zincirin düşmesi ile birlikte bilgisayara gerekli ikazı vererek makinaı durdurabilir. Konveyör dışında bir diğer önlem alınması gereken durum ise dolum kısmıdır. Dolum işlemi zamanlayıcı ile çalıştığı için dolumun yapıldığına dair bir teyit mekanizması bulunmamaktadır. Bu durum iki farklı yöntem ile sağlanabilir. Bunlardan ilki dolum borularına debimetre (flowmetre) sensörü yerleştirmek olabilir. Bu sensör sayesinde sıvının dolum borusundan geçişi teyit edilebilir. Başta düşünüldüğü halde gramaj konusunda bir hassasiyet olmadığı için maliyetin artmaması adına kullanılmaktan vazgeçilen bu sensör dışında bir diğer algılama yöntemi ise dolum kısmındaki sepetlerin tartılması olacaktır. Dolum ile birlikte ağırlaşan sepet bu yöntem ile birlikte dolum yapıp yapılmadığının anlaşılması sağlanabilir. Bu kontrol sistemi herhangi bir vananın tıkanması durumunda önlem alınması gereken yerlerden biri olarak düşünülebilir. Her ne kadar hattan gelen sıvı viskozitesi düşük bir sıvı olup çeşitli filtrelerden geçse de, olası tıkanma durumunu algılamak adına bu tarz sistemler geliştirilebilir.

Sepet yıkama kısmından ters şekilde çıkan sepetlerin peynir dolumu için düz konuma çevrilmesinde tasarlanan mekanik çevirme konveyöründe geliştirilmesi muhtemel bir başka tasarımıdır. Sepet yıkama kısmında da anlatıldığı üzere 5 saniye gibi bir zaman kaybına sebep olan bu tasarım her ne kadar herhangi bir yazılım gerektirmediği için kullanışlı olsa da, göze daha hoş gelecek ve daha kısa sürede çevirme işlemi yapılabilecek bir sistem tasarımı ile değiştirildiği takdirde, çevirme kontrol kısmını elemine ederek daha verimli bir makina oluşumuna katkı sağlanabilir.

Bir diğer gelişme olabilecek kısım ise makina tasarımı kapsamında dışardan alınan ve yazılımı başka firma tarafından gerçekleştirilen robot kolunun üretilmesi olabilir.

Kapsamlı ve çok farklı bir alan olan robot kolu tasarımı apayrı bir tez konusu teşkil eder.

KAYNAKLAR

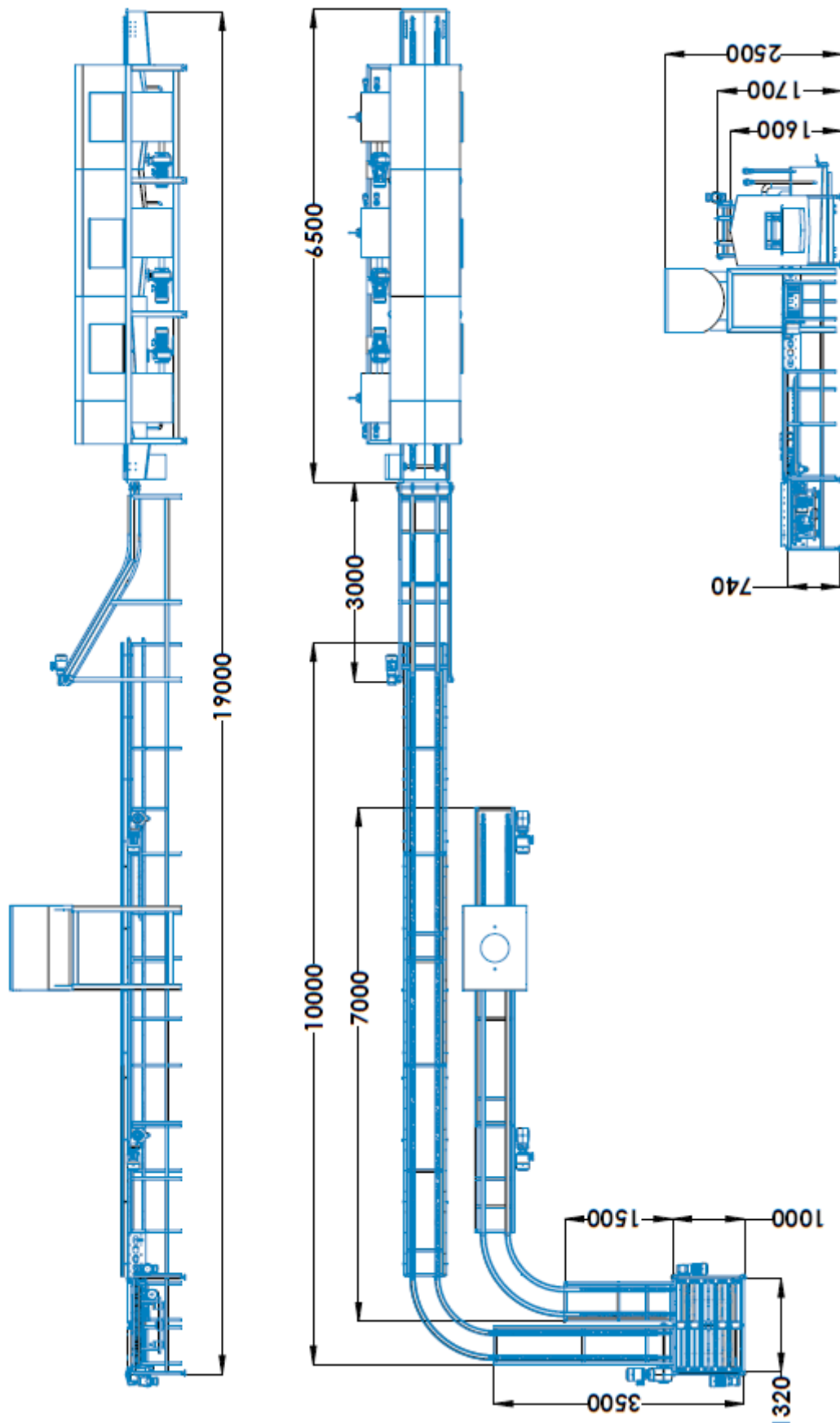
- [1] **Url-1** <<http://www.rungismarket.com/en/blue/enquetesrungisactu/emballagealimenimentaire642.asp>>, alındığı tarih: 10.11.2014.
- [2] **Url-2** <<http://www.moment-expo.com/hayatin-her-alaninda-ambalaj-makineleri.html>>, alındığı tarih: 29.10.2014.
- [3] **Pearson, K.** (2008). Market Statistics and Future Trends in Global Packaging, *World Packaging Organisation/PIRA International Ltd.*
- [4] **Url-3** <<http://www.moment-expo.com/hayatin-her-alaninda-ambalaj-makineleri>>, alındığı tarih: 25.10.2014.
- [5] **Url-4** <<http://www.quest-trendmagazine.com/en/machinery-industry/economic-trends/sectors/packaging-machines-production-and-exports.html>>, alındığı tarih: 05.11.2014.
- [6] **Url-5** <<http://tr.wikipedia.org/wiki/Mekatronik>>, alındığı tarih: 20.10.2014.
- [7] **Url-6** <<http://www.tetrapak.com/products-and-services/filling-machines/tr-28>>, alındığı tarih: 20.10.2014.
- [8] **Kayserilioğlu, E.** (2009). Wafer Level Vacuum Packaging of MEMS Sensors and Ressonators, Yüksek Lisans Tezi.
- [9] **Torumbacı, M. M.** (2011). Automation Systems and Design of an Autoated packaging Machine, Yüksek Lisans Tezi.
- [10] **Aslanbay, M.** (2006). Gıda Paketleme Makinelerinde Elevatörlü Ürün Besleme Sistemi Tasarımı ve Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi.
- [11] **Arnold, D. ve Corrado, D.** (2001). Contribution on Some Basic Definitions of Sensors Properties, *IEEE Sensor Journal*, **3**.
- [12] **Bayındır, R. ve Vadi, S.** (2011). Endüstriyel Otomasyonda Siemens Simatic S7-300 Kullanımı, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*.
- [13] **Shetty, D. ve Kolk, R. A.** (2010). Mechatronics System Design, *SI EDITION*, 261-268.
- [14] **Url-7** <http://www.bircelik.com/316_-686_tr_lc.html>, alındığı tarih: 20.10.2014.
- [15] **Url-8** <<http://www.ekipmuhendislik.com.tr/teknik-bilgiler/kaynak-ve-kaynak-yontemleri.htm>>, alındığı tarih: 25.10.2014.
- [16] **Klein, N. R. ve Kruger R. G.** (2011). Nozzles- Selection and Sizing, University of NEBRASKA.
- [17] **Sönmez, A. Ç.** (1998). Robot Teknolojisi Ders Notu, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- [18] **Thomas, R. K.** (2005). Robotics and Automation Handbook, CRC Press.
- [19] **Url-9** <http://tr.wikipedia.org/wiki/Beyaz_peynir>, alındığı tarih: 09.11.2014.

EKLER

EK A: Teknik Resim

EK A



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Safa HAMZAOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi : Kadıköy, 14/12/1989
E-Posta : hamzaoglu_safa@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, Bahçeşehir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü.