

**BANTLI KONVEYÖRLER İÇİN TEMİZLEYİCİ BİR  
SİSTEM TASARIMI VE İMALATI**

**HACI ÖMER ARI**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
TEMMUZ – 2015**

## **DESIGN AND MANUFACTURING OF A CLEANING SYSTEM FOR BELT CONVEYORS**

**Hacı Ömer ARI**

### **ABSTRACT**

Belt conveyors are among the systems playing a major role in load conveyance in industrial transport applications. Since conveyors have a critical place in various facilities and plants for numerous options from raw materials to finished products, they should be well-maintained and kept clean. On the other hand, maintenance and cleaning on a working conveyor is a dangerous and undesired activity. Minimization of equipment shutdown period, extension of lifetime of rubber belt conveyor parts and mitigation of environmental pollution effects are only possible through a better dust and debris control method. In this study, an equipment design has been created that cleans a conveyor under operating conditions in order to carry out all these activities in an active belt conveyor. The design is a model washing the belt with water in a limited area, ensuring a clean surface by scraping the dirt on the belt and then drying it by air. In line with this, the washing system created with the solid model works and analyses has been improved to meet the design requirements in computerized media and detailed with a product design approach that can be mass-produced. An experimental prototype has been manufactured for design purposes, and tests and final development procedures of the washing system on a belt conveyor manufactured for experiments have been conducted and the efficiency of the design has been examined.

**Key Words:** Belt Conveyors, Belt Cleaning System,

**Advisor:** Asst. Prof. Dr. Onur GÜVEN, Department of Mechanical Engineering, University of Mersin

Hacı Ömer ARI tarafından Yrd. Doç. Dr. Onur GÜVEN danışmanlığında hazırlanan “Bantlı Konveyörler İçin Temizleyici Bir Sistem Tasarımı ve İmalatı” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Yrd. Doç. Dr. Onur GÜVEN

Doç. Dr. Uğur EŞME

Doç. Dr. Hasan SERİN

.....  
.....  
.....

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
31/07/2015 tarih ve 2015.20/806 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



*Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.*

## **BANTLI KONVEYÖRLER İÇİN TEMİZLEYİCİ BİR SİSTEM TASARIMI VE İMALATI**

**Hacı Ömer ARI**

### **ÖZ**

Bantlı konveyörler endüstriyel taşıma uygulamalarında yük iletiminde önemli rol oynayan ekipmanlardır. Konveyörler; hammaddeden mamül malzemelere kadar bir çok farklı seçenek için işletmelerde kritik role sahip olduklarından bakımlı ve temiz tutulmaları gerekmektedir. Çalışan konveyörlerde ise bakım ve temizlik çalışmaları yapmak tehlikeli ve istenmeyen bir durumdur. Ekipman duruşlarını en aza indirmek, lastik bantlı konveyörün aksamalarının çalışma ömürlerini uzatmak, çevresel kirlilik etkilerini en aza indirmek ancak iyi bir toz ve döküntü kontrol yönetimi ile mümkündür. Tüm bunları çalışan bir konveyörde yapabilmek için bu çalışmada konveyörü işletme şartlarında temizleyen bir ekipman tasarımı oluşturulmuştur. Tasarımın temel unsuru olarak sınırlandırılmış bir alanda su ile bant şeridini yıkayan, bant üzerinde bulunan kirlilikleri sıyrarak temiz yüzey sağlayan ve sonrasında bantı havayla kurutan bir model olarak ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda katı model çalışmaları ve analizleri oluşturulan yıkama sistemi, bilgisayar ortamında tasarım gereksinimlerini sağlayacak seviyeye getirilerek seri imal edilebilecek bir ürün tasarımı yaklaşımı ile detaylandırılmıştır. Yapılan tasarım çalışmaları için bir adet deneysel prototip imalatı yapılarak, deneysel amaçlı imal edilmiş bir konveyör bantta yıkama sisteminin testleri ve nihai geliştirme işlemleri yapılmış ve tasarımın etkinliği incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bantlı konveyör, konveyör temizlik sistemleri

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Onur Güven, Mersin Üniversitesi, Makine Mühendisliği  
Ana Bilim Dalı

## **DESIGN AND MANUFACTURING OF A CLEANING SYSTEM FOR BELT CONVEYORS**

**Hacı Ömer ARI**

### **ABSTRACT**

Belt conveyors are among the systems playing a major role in load conveyance in industrial transport applications. Since conveyors have a critical place in various facilities and plants for numerous options from raw materials to finished products, they should be well-maintained and kept clean. On the other hand, maintenance and cleaning on a working conveyor is a dangerous and undesired activity. Minimization of equipment shutdown period, extension of lifetime of rubber belt conveyor parts and mitigation of environmental pollution effects are only possible through a better dust and debris control method. In this study, an equipment design has been created that cleans a conveyor under operating conditions in order carry out all these activities in an active belt conveyor. The design is a model washing the belt with water in a limited area, ensuring clean surface by scraping the dirt on the belt and then drying it by air. In line with this, the washing system created with the solid model works and analyses has been improved to meet the design requirements in computed media and detailed with a product design approach that can be mass-produced. An experimental prototype has been manufactured for design purposes, and tests and final development procedures of the washing system on a belt conveyor manufactured for experiments have been conducted and the efficiency of the design has been examined.

**Key Words:** Belt Conveyors, Belt Cleaning System,

**Advisor:** Asst. Prof. Dr. Onur GÜVEN, Department of Mechanical Engineering, University of Mersin

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamda ilgi ve hoşgörüsünü benden esirgemeyen, kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile bu çalışmayı Türkiye sanayisine kazandırmamda destek veren Tez Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Onur GÜVEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam esnasında bana maddi ve manevi destek sağlayan Tekfen Holding Tarımsal Sanayi Grubu, Toros Tarım San. Ve Tic. A.Ş. Mersin Üretim Tesisleri değerli yöneticilerine ve tez çalışmam esnasında mesai harcayan değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu çalışma süresince manevi desteklerini her an yanımda hissettiğim değerli ailem; Eşim Kamer ARI'ya ve kızım Defne ARI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. BANTLI KONVEYÖRLER VE AKSAMLARI</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Bantlı Konveyörü Oluşturan Aksamlar.....	5
2.1.1.1. Şasi .....	5
2.1.1.2. Tahrik tamburu ve yardımcı tamburlar .....	6
2.1.1.3. Bant.....	8
2.1.1.4. Rulolar.....	15
2.1.1.5. Yükleme ve boşaltma şutları.....	17
2.1.1.6. Güvenlik aksamları .....	18
2.1.2. Bantlı Konveyörlerin İşletilmesi ve Bakımı .....	21
<b>2.2. KONVEYÖR BANTLARDA TOZ VE DÖKÜNTÜ KAYNAKLARI</b> .....	<b>22</b>
2.2.1. Dahili Kaynaklar .....	22
2.1.1.1. Yüklerin özellikleri .....	23
2.2.2. Harici Kaynaklar .....	26
2.2.3. Hatalı uygulamalar.....	27
<b>2.3. TOZ VE DÖKÜNTÜ OLUŞMA MEKANİZMALARI</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4. TOZ VE DÖKÜNTÜNÜN BANTLI KONVEYÖRE ETKİLERİ</b> .....	<b>30</b>
2.4.1. Aşınma .....	30
2.4.2. Korozyon .....	32
2.4.3. Bant Ayarsızlığı .....	33
2.4.4. Diğer Arızalar ve Ekipman Duruşları .....	34
2.4.5. Sağlık Emniyet ve Çevre Riskleri .....	35
2.4.6. İşletme Maliyetleri.....	37
<b>2.5. KONVEYÖR BANT TEMİZLİK SİSTEMLERİ</b> .....	<b>39</b>
2.5.1. Birincil ve İkincil Sıyırıcılar .....	41

2.5.2. Özel Temizleyiciler .....	44
2.5.3. Yardımcı Sistemler .....	48
2.6. KONVEYÖR BANT TEMİZLEME MERTEBELERİN TANIMLANMASI.....	49
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>51</b>
3.1. MATERYAL .....	51
3.1.1. Bantlı Konveyör .....	51
3.1.2. Deneylerde ve Hesaplamalarda Kullanılan Materyaller .....	52
3.1.3. Yıkama Sistemi .....	53
3.1.4. Ölçü ve Kontrol Cihazları .....	54
3.2. YÖNTEM .....	56
3.2.1. Bantlı Konveyör Tasarımı ve İmalatı .....	56
3.2.2. Bantlı Konveyör Sisteminin Bilgisayar Destekli Tasarımı .....	65
3.2.3. Bantlı konveyörün İmalat ve Montajı .....	67
3.2.4. Yıkama Sistemi Tasarımı .....	70
3.2.4.1. Ön tasarım .....	70
3.2.4.2. Bileşenlerin boyutlandırılması .....	73
3.2.4.3. Şasi tasarımının oluşturulması .....	93
3.2.4.4. Mekanizma tasarımının oluşturulması .....	97
3.2.4.5. Alt hazne tasarımı .....	125
3.2.5. Yıkama Sistemi Tasarım Detaylandırmaları.....	127
3.2.5.1. Hava Tesisatı Tasarımı.....	127
3.2.5.2. Su tesisatı tasarımı .....	131
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>135</b>
4.1. TASARIMIN ANALİZ EDİLMESİ.....	135
4.2. ANALİZ BULGULARI DOĞRULTUSUNDA YAPILAN DÜZENLEMELER.....	144
4.2.1. Analiz Sonucu Güçlendirme Yapılan Parçalar. ....	144
4.2.2. Fonksiyonel Gereksinimlerin Tasarıma Dahil Edilmesi.....	147
4.3. İMALAT VE MONTAJ SÜRECİ BULGULARI .....	153
4.3.1. Deneysel Yıkama Sistemi İmalatı ve Montajı. ....	161
4.3.1.1. Elde edilen bulguların tartışılması. ....	162
4.3.1.2. Ön montaj.....	167
4.3.1.3. Kontrol işlemleri ve fonksiyon testleri.....	169
4.4. YIKAMA SİSTEMİNİN BANTLI KONVEYÖRE MONTAJI .....	171
4.5. KİRLİLİK NUMUNELERİNİN OLUŞTURULMASI.....	176



4.5.1. Islak Bant Numunesi .....	176
4.5.2. Az Kirli Bant Numunesi.....	177
4.5.3. Kirli Bant Numunesi .....	177
4.5.4. Çok Kirli Bant Numunesi .....	178
4.6. YIKAMA SİSTEMİ TESTİ.....	180
4.6.1. Test Yöntemi .....	180
4.6.2. Yıkama Sisteminin İlk Çalıştırma Testi.....	182
4.6.2.1. İlk çalıştırma testinden elde edilen bulgular .....	182
4.6.2.2. Elde edilen bulguların tartışılması .....	183
4.6.3. Yıkama Sistemi Tasarımının Bulgular Doğrultusunda Tekrar Düzenlenmesi .....	185
4.6.4. Dökümantasyon Düzenlemeleri .....	188
4.7. YIKAMA SİSTEMİ TEMİZLİK DENEYLERİ .....	188
4.7.1. Yıkama Sisteminin Az Kirlilik Seviyesinde Test Edilmesi .....	189
4.7.2. Yıkama Sisteminin Yüksek Kirlilik Seviyesinde Test Edilmesi.....	190
4.7.3. Deney Bulgularının İncelenmesi.....	192
4.7.3.1. Temizlik süresi .....	192
4.7.3.2. Devreye alma ve devreden çıkarma süreçleri .....	193
4.7.3.3. Enerji tüketimi.....	194
4.7.3.4. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi .....	194
4.7.4. İsim Plakasına Bulguların Eklenmesi .....	195
4.7.5. Bulgular Neticesinde İşletme Talimatının Oluşturulması.....	195
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>197</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>200</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>205</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. TS 547 standartına göre kord iplikleri malzemeleri ve kısa kodları ...	10
Çizelge 2.2. Bantlarda kullanılan elastomer malzemelerin sınıflandırılması .....	11
Çizelge 2.3. Alt ve üst kaplama kalınlıklarının kullanım tiplerine göre değişimi ...	12
Çizelge 2.4. Yüklerin önerilen azami taşıma eğim açıları .....	13
Çizelge 2.5. Bantlı konveyörlerde yaşanan iş kazalarının kısım bazında gösterimi.	16
Çizelge 2.6. Taşıma yapılan malzemelerin karakteristik özellikleri .....	24
Çizelge 2.7. Dökme malların parça boyutları .....	24
Çizelge 2.8. Dökme malların yığın yoğunluğuna göre gruplandırılması .....	24
Çizelge 2.9. Bazı dökme yüklerin aşındırma özellikleri .....	25
Çizelge 2.10. Aşınma etkilerine göre bant aksamalarının ömürleri .....	32
Çizelge 2.11. Bantlı konveyörlerde yaşanan iş kazalarının yapılan işlere göre oranları .....	35
Çizelge 2.12. Bantlı konveyör ton başına işçilik temizlik süreleri gösterir tablo ....	38
Çizelge 3.1. Bantlı konveyörü oluşturan materyallerin toplam ağırlığı .....	63
Çizelge 3.2. İmalatı yapılmayıp hazır tedarik edilen parçaların listesi .....	67
Çizelge 3.3. Nozul etki alanı için nozul çapı seçimi .....	76
Çizelge 3.4. Farklı çalışma basınçlarında, belirli çaptaki nozuldan geçebilecek hava akışı (Nm <sup>3</sup> /dak) .....	90
Çizelge 4.1. Model geometrisi tanımlamaları .....	136
Çizelge 4.2. Mesh yapısının sisteme tanımlanması .....	137
Çizelge 4.3. Statik analiz verilerin sisteme tanıtılması .....	139
Çizelge 4.4. Malzeme verilerinin sisteme tanıtılması .....	140
Çizelge 4.5. Yıkama sistemi imalat metot çizelgesi .....	154
Çizelge 4.6. Yıkama sistemi alt hazne (Poz-21_7A) kaynak prosedür çizelgesi .....	159

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Bantlı konveyörlerin tırmanma açısına göre sınıflandırılması.....	3
Şekil 2.2. Geleneksel bir bantlı konveyörün ana aksamalarının genel gösterimi .....	4
Şekil 2.3. Düşey gerdirmeli bir bantlı konveyörü oluşturan aksamalar.....	5
Şekil 2.4. Bantlı konveyörü oluşturan şasi grupları .....	6
Şekil 2.5. Tambur konstrüksiyonu .....	6
Şekil 2.6. Bantlı konveyör tahrik tamburu tipleri .....	7
Şekil 2.7. Bantlı konveyör tahrik tamburu kuvvet bileşenleri gösterimi .....	7
Şekil 2.8. Bir konveyör bandının iç yapısı.....	9
Şekil 2.9. TS547 standardına göre bant kodlama sistemi gösterimi .....	10
Şekil 2.10. Bazı bant yüzey profilleri.....	13
Şekil 2.11. Bantların ekleme usulleri gösterimi. ....	14
Şekil 2.12. Rulo ve taşıyıcıları .....	15
Şekil 2.13. Rulo gruplarının bandın oluklaştırılmasındaki etkisi.....	15
Şekil 2.14. Rulo kesit görünüşü .....	16
Şekil 2.15. Bantlı konveyör yükleme ve boşaltma şutları gösterimi.....	17
Şekil 2.16. Konveyör bantlarda risk meydana getiren aksamalar ve kısımlar.....	18
Şekil 2.17. Konveyör bant güvenlik aksamaları gösterimi.....	19
Şekil 2.18. Konveyör bant güvenlik ve algılama sistemleri.....	20
Şekil 2.19. Yüklerin genel sınıflandırılması .....	22
Şekil 2.20. Bou Craa fosfat tesisleri bantları uydudan görünümü .....	23
Şekil 2.21. Amonyum nitrat için CEMA 550 kodlama sistemi gösterimi .....	26
Şekil 2.22. Atmosferik kirleticilerin genel mekanizmaları .....	26
Şekil 2.23. Bir açık saha yükleme boşaltma istasyonda tozlaşma oluşumu.....	29
Şekil 2.24. Başarılı bir toz ve döküntü kontrolü örneği .....	29
Şekil 2.25. Toz ve döküntünün aşınma etkileri.....	31
Şekil 2.26. Korozyona uğramış hasarlı bir rulo rulmanı .....	33
Şekil 2.27. Toz ve döküntü etkisi altında kalan ruloların bant kaymasına etkisi...34	
Şekil 2.28. Geri taşınım etkisi ile birikim yapan rulo .....	35
Şekil 2.29. Toz patlama üçgeni .....	36
Şekil 2.30. (a) Toz patlaması ateşleyici unsurları, (b) toz patlamasına neden olan toz kaynakları yüzde dağılımları.....	37
Şekil 2.31. Bantlı konveyör toz ve döküntü maliyetlerinin buzdağı modeli.....	37
Şekil 2.32. Bant temizleme sistemlerinin bant üzerinde yerleşimi .....	40
Şekil 2.33. Bant sıyırıcılarının açılara göre gösterimi .....	40
Şekil 2.34. Birincil sıyırıcı için(a) yerleşimi (b)görünümü (c)uygulama örneği ...42	
Şekil 2.35. Birincil sıyırıcı uygun çalışma şekli .....	42
Şekil 2.36. İkincil sıyırıcı için; (a) yerleşimi (b) görünümü (c) uygulama örneği.43	
Şekil 2.37. İç sıyırıcı için; (a) yerleşimi ve işlevi (b) görünümü (c) uygulama örneği .....	43
Şekil 2.38. Birincil ve ikincil sıyırıcıların bir arada kullanımı .....	44
Şekil 2.39. Fırçalı temizleme sistemi .....	45
Şekil 2.40. Bant yıkama sistemi ve aksamaları .....	46
Şekil 2.41. Bir bant yıkama istasyonu kesiti .....	47
Şekil 2.42. Toz toplama sistemi örneği.....	48

Şekil 2.43. Toz toplama sistemi örneği .....	49
Şekil 3.1. Yıkama sistemi için imalatı yapılan konveyör bant.....	51
Şekil 3.2. Taşıma deneylerinde kullanılan kireçtaşları .....	52
Şekil 3.3. Taşıma deneylerinde kullanılan CAN gübresi.....	53
Şekil 3.4. Bilgisayar destekli tasarımı yapılan yıkama sistemi.....	54
Şekil 3.5. Hassas elektronik terazi .....	54
Şekil 3.6. Paslanmaz çelik türbinli dijital göstergeli debimetre.....	55
Şekil 3.7. Dijital ampermetre ve özellikleri .....	55
Şekil 3.8. Rulo ve bant ölçüleri sonuç ekranı.....	57
Şekil 3.9. Tahrik grubu sonuç ekranı .....	57
Şekil 3.10. Tambur ve rulo mesafeleri .....	58
Şekil 3.11. Lastik bant özellikleri sonuç ekranı .....	58
Şekil 3.12. Konveyör programında hesaplanan tahrik tamburuna etki eden kuvvetler .....	59
Şekil 3.13. Saptırma tamburu yerleşimi sonuç ekranı.....	59
Şekil 3.14. Konveyör programında hesaplanan tahrik tamburu yükselme sınırları... ..	60
Şekil 3.15. Üçlü üst taşıyıcı rulo istasyonu ölçüleri.....	61
Şekil 3.16. Gergi tamburunun katalogdan seçimi .....	62
Şekil 3.17. Tek giriş için moment diyagramı .....	63
Şekil 3.18. UPE üretici katalogundan seçilen statik değerler .....	64
Şekil 3.19. Bantlı konveyör montaj grupları şeması .....	66
Şekil 3.20. Bilgisayar destekli tasarımı yapılan konveyörün izometrik görünümü... ..	66
Şekil 3.21. Bantlı konveyör genel imalat teknik çizimi .....	67
Şekil 3.22. Bantlı konveyör çelik şasi imalatından bir görünüm .....	68
Şekil 3.23. Bantlı konveyör şasisine tambur montajı.....	68
Şekil 3.24. Bantlı konveyör bant montajı ve vulkanize bant eki yapımı .....	69
Şekil 3.25. İmalatı ve montajı tamamlanan bantlı konveyör .....	69
Şekil 3.26. Bantlı konveyör üzerinde temizlik metodu oluşturulması .....	71
Şekil 3.27. Bantlı konveyöre montajlı yıkama sistemi için yan kesit yerleşim taslağı .....	71
Şekil 3.28. Yıkama sistemi tasarım şeması .....	72
Şekil 3.29. Yıkama sistemi tasarım gruplarının gösterimi.....	72
Şekil 3.30. Yıkama sistemi üst çerçeve formunun katı model olarak oluşturulması.. ..	73
Şekil 3.31. Katı model bant kesitinde su püskürtme yöntemi gösterimi.....	74
Şekil 3.32. Nozul tipleri ve daire içerisinde gösterilmiş püskürtme alanları .....	75
Şekil 3.33. Nozul etki alanı için sprej açısı seçimi .....	75
Şekil 3.34. (a) Katalogdan seçilen nozul ölçüleri (b) nozul katı model tasarımı... ..	76
Şekil 3.35. Su püskürtme kolektörü açısal tasarımın yandan görünümü .....	78
Şekil 3.36. Bilgisayar destekli su püskürtme kolektörü tasarımı .....	78
Şekil 3.37. Bilgisayar destekli su püskürtme modeli .....	79
Şekil 3.38. Bant yüzeyinin negatif açı ile sıyırılmasının yan kesit gösterimi .....	80
Şekil 3.39. Sıyırıcı parçaları (a) genel montaj tasarımı (b) boyutlandırılması.....	80
Şekil 3.40. Alt ve üst sıyırıcıların yerleşim planı.....	81
Şekil 3.41. Üst silgi üstten görünüş yerleşim oryantasyonu .....	81
Şekil 3.42. Alt silgi üstten görünüş yerleşim oryantasyonu.....	82

Şekil 3.43. Sıyırıcı katı model tasarımı .....	82
Şekil 3.44. Silgi temasının serbest bant kesiti üzerinde gösterilmesi .....	83
Şekil 3.45. Boyutlandırılan kızak parçasının katı model görünümü .....	84
Şekil 3.46. Kızak parçası montajlı taşıyıcı tasarımı katı model tasarımı .....	84
Şekil 3.47. Bant üzerinde üst sıyırıcı ve kızak parçasının görünümü .....	85
Şekil 3.48. Bant üzerinde hava püskürtme uygulamasının ön tasarımı .....	85
Şekil 3.49. Hava nozulu açısı kesit gösterimi .....	87
Şekil 3.50. Alt ve üst hava dağıtıcıları 20° nozul açısı ile bant yüzeyi hava taramasının kesit gösterimi .....	87
Şekil 3.51. Üst hava dağıtıcısı bant kenarını kurutma nozulu kesit gösterimi .....	88
Şekil 3.52. Hava dağıtıcılarının bant üzerine nozul hava taramaları ile gösterimi .....	88
Şekil 3.53. Üst hava dağıtıcı katı model tasarımı .....	92
Şekil 3.54. Alt hava dağıtıcı katı model tasarımı .....	92
Şekil 3.55. Su nozul açısını banta paralel olarak ayarlanmak için aparat tasarımı .....	93
Şekil 3.56. Yıkama sistemi elemanlarının bant boyunca yerleşim uzunlukları .....	93
Şekil 3.57. Bant üzerinde yıkama sistemi elemanlarının önden görünüm resmi .....	94
Şekil 3.58. Üst çerçeve bükümlü şasi profil ölçüleri .....	95
Şekil 3.59. Üst çerçeve şasi ölçüleri .....	95
Şekil 3.60. Montajlı ve ölçülendirilmiş rulo bağlantı braketi. ....	96
Şekil 3.61. Ruloların üst şasiye montajlı ISO-A izdüşüm görünümleri teknik resmi .....	96
Şekil 3.62. Mekanizma elemanlarının seçimi ve gruplandırılması yandan görünümü .....	97
Şekil 3.63. Mekanizma üst grup muhafaza parçası yan görünüş şematik gösterimi .....	98
Şekil 3.64. Üst grup muhafaza parçası ISO-A izdüşüm görünümleri teknik resmi .....	98
Şekil 3.65. Üst grup muhafaza parçası katı model tasarımı izometrik görünümü. ....	99
Şekil 3.66. Ters hareket üreten mekanizma yandan görünüş şematik gösterimi .....	100
Şekil 3.67. Muhafaza uzvu için yerleşimin katı modelde izometrik gösterimi .....	101
Şekil 3.68. Mafsal eksenlerinin şasi yan görünüş çizimi üzerinde gösterimi .....	101
Şekil 3.69. Mafsal ISO-A izdüşüm görünümleri ve katı model izometrik görünümü .....	102
Şekil 3.70. Mafsal bağlantı parçalarının katı model montaj görünümleri .....	103
Şekil 3.71. Mafsal bağlantı parçalarının katı model montaj izometrik görünümü .....	104
Şekil 3.72. Muhafaza uzvunun bilgisayar destekli hareket etüdü (yandan görünüş) .....	104
Şekil 3.73. Her 10°'lik mafsal hareketi sonucu oluşan yatay ve düşey deplasmanlar .....	105
Şekil 3.74. Sıyırıcı bağlantı parçası katı model tasarımı izometrik görünümü .....	106
Şekil 3.75. Sıyırıcı parça montaj ölçüleri üst ve yan katı model görünümleri .....	107
Şekil 3.76. Yatay ve düşey deplasmanların ölçülerinin belirlenmesine dair çizim .....	108
Şekil 3.77. Su püskürtme nozul borusunun gergi rulosuna göre mesafelerinin belirlenmesi yandan görünüş çizimi .....	108

Şekil 3.78. Montajlı su dağıtıcısı katı model tasarımı izometrik görünümü.....	109
Şekil 3.79. Montajlı üst grup mekanizma konumlarının yandan görünüşü .....	109
Şekil 3.80. Uzatılan mafsalların katı model yandan görünüş üzerinde gösterimi....	110
.....	110
Şekil 3.81. Alt grup birleştirme parçası montaj tasarımı izometrik görünümü	110
.....	110
Şekil 3.82. Birleştirme mafsal uzunluklarının katı model üzerinden belirlenmesi...	111
.....	111
Şekil 3.83. Alt - üst grup bağlantı mafsalı ön ve yan görünüş ölçülendirmeleri	111
.....	111
Şekil 3.84. Alt grup birleştirme mafsalı ön ve yan görünüş ölçülendirmeleri .....	112
Şekil 3.85. Katı model çalışması mekanizma sistemi montajlı izometrik görünümü	112
.....	112
Şekil 3.86. Alt grup şasi yan parçaları ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümüleri...	113
.....	113
Şekil 3.87. Alt grup şasi ön ve arka parçası ISO-A izdüşüm ve izometrik	114
görünümleri .....	114
Şekil 3.88. Alt grup katı model montaj çalışması izometrik görünümü .....	114
Şekil 3.89. Alt grup ve üst grup montajlı izometrik görünümü .....	115
.....	115
Şekil 3.90. Yıkama sistemi katı model tasarımı alttan izometrik görünüm.....	116
Şekil 3.91. Mekanizma alt grup seçili mafsaldaki kuvvetlerin gösterimi .....	116
Şekil 3.92. Festo ISO 15552 standardı piston kollu silindir seçim diyagramı.....	117
Şekil 3.93. Festo marka DNG-40-160-PPV-A model piston ölçüleri.....	118
Şekil 3.94. Piston kollu silindir katı model tasarımı izometrik görünümü .....	118
Şekil 3.95. Piston açık ve kapalı pozisyonlarının yandan görünüş	119
ölçülendirmeleri .....	119
Şekil 3.96. Alt grup şasi piston bağlantı parçası izometrik ölçülendirilmiş görünüm	120
.....	120
Şekil 3.97. Piston arka kapak şasi bağlantı parçası ISO-A ve izometrik görünümü.	120
.....	120
Şekil 3.98. Piston mili tabla şasi bağlantı parçası ISO-A ve izometrik gösterimi	121
.....	121
Şekil 3.99. İzometrik modelde piston bağlantı parçaları mesafe ölçüleri gösterimi..	122
.....	122
Şekil 3.100. Yandan görünüş modelde mekanizma 2 konumunda oluşan piston	122
mesafe ölçüsü gösterimi .....	122
Şekil 3.101. Piston mili tabla şasi bağlantı parçası ISO-A ve izometrik görünümü	123
.....	123
Şekil 3.102. Pnömatik piston montajlı yıkama sistemi katı model çalışması alt	124
izometrik görünümü .....	124
Şekil 3.103. Pnömatik devre şeması .....	125
Şekil 3.104. Alt hazne parçası ISO-A ve izometrik görünümü.....	126
Şekil 3.105. Yıkama sistemi alt hazne montajlı izometrik görünümü .....	127
.....	127
Şekil 3.106. Alt ve üst hava dağıtıcıları katı model montajlı boru parçası .....	128
Şekil 3.107. Alt ve üst hava dağıtıcıları ön ve yan görünüm ölçülendirme çizimi...	128
.....	128

Şekil 3.108. Hava boru çıkış parçası katı model tasarımı .....	129
Şekil 3.109. Hava tesisatının izometrik model kesitinden yerleşiminin gösterimi... .....	130
Şekil 3.110. Hava tesisatının izometrik tesisat projesi ve malzeme listesi .....	131
Şekil 3.111. Su püskürtme boru parçası katı model tasarımı izometrik görünümü... .....	131
Şekil 3.112. Su püskürtme borusu çıkış parçası katı model izometrik görünümü.... .....	132
Şekil 3.113. Mekanizma “2” konumda iken su tesisatının şeffaflaştırılmış izometrik model üzerinde yerleşiminin gösterimi.....	133
Şekil 3.114. Alt şerit yıkama izometrik tesisat projesi ve malzeme listesi.....	134
Şekil 4.1. Ansys programına aktarılan katı model montaj tasarımı görüntüsü ....	135
Şekil 4.2. Katı model elemanlara ayrılmış ağ yapısı izometrik görünümü.....	138
Şekil 4.3. Katı modelde tanımlanmış kuvvetlerin izometrik görünümde gösterimi.....	140
Şekil 4.4. Toplam deformasyon analiz sonuçlarının gösterimi.....	141
Şekil 4.5. Elastik deformasyon analiz sonuçlarının gösterimi .....	142
Şekil 4.6. Eşdeğer gerilme analiz sonuçlarının gösterimi .....	143
Şekil 4.7. Sıyırıcı taşıyıcı parça eşdeğer gerilme sonucunun detaylı kesit gösterimi.....	143
Şekil 4.8. Silgi destek parçası için revize edilen katı model izometrik görünümü.....	144
Şekil 4.9. Alt sıyırıcı destek parçası güçlendirme parçalarının katı model gösterimi.....	145
Şekil 4.10. Alt sıyırıcı destek parçası kaynaklı güçlendirme imalatından bir görünüm .....	146
Şekil 4.11. Analiz sonrası düzenlenen parçaların katı model montaj çalışması kesiti üzerinde gösterimi .....	146
Şekil 4.12. Kenar baskı parçası ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümü .....	148
Şekil 4.13. Orta baskı parçası ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümü.....	148
Şekil 4.14. Şeffaf kapakların montaja dahil edilmiş izometrik katı model görünümü .....	149
Şekil 4.15. Katı model şeffaflaştırılmış sağdan görünüm üzerinde sistem içinde müdahale edilmesi gereken noktaların gösterimi.....	150
Şekil 4.16. Katı model sağ ve sol görünüm üzerinde açıklık ölçülerinin gösterimi.....	151
Şekil 4.17. Alt grup kapakları ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümleri .....	152
Şekil 4.18. Alt grup şasi kapakları montajlı katı model izometrik görünümü .....	153
Şekil 4.19. Yıkama sistemi alt hazne (Poz-21_7A) imalata esas teknik resmi ....	158
Şekil 4.20. Yıkama sistemi montaj akış şeması .....	160
Şekil 4.21. Konveyör bant üzerinde yıkama sistemi montaj izometrisi.....	161
Şekil 4.22. İmalat ve montaj işlemlerinin gerçekleştirildiği atölye tesviye tezgâhı .....	162
Şekil 4.23. Üst grup şasi (Poz-21_1A) tamamlanmış imalatından bir görünüm.....	163
Şekil 4.24. Üst muhafaza (Poz-21_2A) imalatından bir görünüm.....	163
Şekil 4.25. Alt grup şasi (Poz-21_2A3) sıyırıcı imalatından bir görünüm .....	164

Şekil 4.26. Alt grup şasi sol parçası (Poz-21_3A2) imalatından bir görünüm	164
Şekil 4.27. Alt tabla sıyırıcı destek parçası (Poz-21_4A5)	164
Şekil 4.28. Mafsal parçası (Poz-21_5A1) talaşlı imalatından bir görünüm	165
Şekil 4.29. Mafsal (Poz-21_5A/B/C) tamamlanan imalatlarından bir görünüm	165
Şekil 4.30. Hava tesisatı (Poz-21_6B1) imalatından bir görünüm	166
Şekil 4.31. Alt hazne (Poz-21_7A) kaynaklı imalatından bir görünüm	166
Şekil 4.32. Üst grup ve üst muhafaza ön montajlı görünümü	167
Şekil 4.33. Alt grup şasi ön montajlı görünümü	167
Şekil 4.34. Alt tabla ön montajının oluşturulmasından bir görünüm	168
Şekil 4.35. Piston bağlantı noktalarının nihai yerleşimlerinin yapılması	168
Şekil 4.36. Hava tesisatı (Poz-21_6B11) akış ve basınç testinden bir görünüm	169
Şekil 4.37. Ön montajı yapılan sistemin ölçü ve ayarların kontrol edilmesi	170
Şekil 4.38. İsim plakası taslağı	170
Şekil 4.39. Gergisi alınan bant arasına yıkama sistemi üst grup yerleştirilmesi	171
Şekil 4.40. Yıkama sistemi üst grubun bant şasisi üzerine pabuçlar ile sabitlenmesi	172
Şekil 4.41. Alt tabla montajının üst grup parçasına birleştirilmesi	172
Şekil 4.42. Alt grup parçasının üst gruba montajı	173
Şekil 4.43. Hava tesisatının montajı	173
Şekil 4.44. Alt grup tesisat ve piston bağlantılarının tamamlanması	174
Şekil 4.45. Alt haznenin alt gruba montajının yapılmış hali	174
Şekil 4.46. Pnömatik kumanda kutusu ve bağlantılarının tamamlanmış görünümü	175
Şekil 4.47. İş güvenliği uyarı etiketlerinin yıkama sistemi üzerinde uygulanması	175
Şekil 4.48. Kirli bant numunesinin hazırlanmasından bir görünüm	178
Şekil 4.49. Çok kirli bant numunesinin son tartımından bir görünüm	179
Şekil 4.50. Deneysel çalışma için test raporu taslağı	181
Şekil 4.51. İlk çalıştırma test raporu	183
Şekil 4.52. Muhafaza kapağının açılarak bant alt şerit yıkamasından alınan fotoğraf	184
Şekil 4.53. Alt şerit yıkama izometrik tesisat projesi ve malzeme listesi	185
Şekil 4.54. Yıkama sistemi montajlı katı model tasarımı izometrik alttan görünümü (Alt hazne montajsız)	186
Şekil 4.55. Üst şerit yıkama tesisatı montajlı fotoğrafı	186
Şekil 4.56. Güncellenmiş alt şerit yıkama tesisatı izometrik projesi ve malzeme listesi	187
Şekil 4.57. Yıkama sisteminin son düzenlemeler kapsamında fotoğrafı	188
Şekil 4.58. Sınıf III kirlilikte temizlik işlemleri için test raporu	189
Şekil 4.59. Bant üst şeridi suni olarak kirlenirken	190
Şekil 4.60. Sınıf I kirlilik seviyesinde gerçekleştirilen temizlik testi raporu	191
Şekil 4.61. Basıma hazır isim plakası	195
Şekil 4.62. İşletme talimatı	196



## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

- $R_A$ : A noktasındaki mesnet kuvveti  
 $R_B$ : B noktasındaki mesnet kuvveti  
Q : Yayılı yük  
 $M_{max}$ : Azami moment  
 $\sigma$ : Normal gerilme  
 $\sigma_{emniyet}$  : Emniyet gerilmesi  
 $W_x$ : Mukavemet momenti  
 $\tau$ : Kayma gerilmesi  
 $\tau_{emniyet}$ : Emniyet kayma gerilmesi  
 $R_{max}$ : Azami tesir kuvveti  
 $S_x$ : Profil kesiti ( $cm^3$ )  
 $I_x$ : X eksenine göre atalet momenti ( $cm^4$ )  
s: Kesitin ağırlık merkezi (cm)  
 $Q_v$  : Hacimsel debi (litre/dakika)  
V: Akış hızı (m/s)  
A : Kesit alanı ( $m^2$ )  
D: Boru iç çapı (m)  
 $Q_a$ : Hacimsel hava akış debisi ( $m^3/dk$ )  
 $T_a$ : Sıkıştırılmış hava sıcaklığı ( $^{\circ}K$ ,  $20^{\circ}C$  için  $293,16^{\circ}K$ )  
 $P_a$ : Sıkıştırılmış hava basıncı (kPa)  
 $Q_N$ : Mutlak hava akış debisi ( $Nm^3/dakika$ )  
 $T_N$ :  $25^{\circ}C$  Normal şartlarda hava sıcaklığı ( $298,16^{\circ}K$ )  
 $P_N$ : Atmosfer hava basıncı ( $101,3 kPa=1 Atm$ )  
dk: Dakika

## 1. GİRİŞ

Materyal ve ürünlerin üretimi, dağıtımı, depolanması, tüketimi sırasında bir çok endüstriyel taşıma tekniği uygulamaları mevcuttur. Sürekli transport yöntemleri arasında en sık kullanılan türlerden biri de bantlı konveyörlerdir. Hammadde temininden son ürünün sevkine kadar farklı bir çok proses çeşitlerinde kullanılan bantlı konveyörlerin uzun mesafeler arasında taşıma işlevini gerçekleştirebilmesi; sistemin toz ve döküntüler ile etkileşiminin artmasına neden olmaktadır. Bu durumda taşıma sistemleri üzerinde birikimli ve kalıcı kirlilikler meydana gelerek ekipman ve aksamalarında olumsuz etkiler meydana getirmektedirler. Bu maruziyetin kontrol edilememesi durumunda ekipmanlarda arızalar ve ek maliyetler ortaya çıkmaktadır [1]. Bu sebeple kirliliği oluşturan tüm etmenlerin kaynağında asgari seviyeye indirilmesi, kontrol altında tutulması ve ortadan kaldırılması bantlı konveyörlerde büyük önem taşımaktadır.

Konveyör bantların verimli çalışabilmeleri için en az arıza ve duruş kaybı ile sürekli taşıma işlemini en az enerji tüketimi ile yapmaları gerekmektedir. Aynı zamanda bantlı konveyörü oluşturan aksamaların birçoğunun aşınma ve diğer nedenlerden dolayı bir değişim periyodunun olması, bu süreçlerde harcanan malzeme ve işçilik maliyetlerinin yüksek tutarlarda olması nedeni ile aksamaların çalışma periyotlarının de azami sürelerde olması istenmektedir. Bu çerçevede kirliliğin bantlı konveyör verimine ve malzeme dayanım sürelerine etkileri incelenerek bu doğrultuda kullanılan mevcut sistemler irdelenmiş, işletme süreçlerini aksatmadan, sistem çalışırken bantın temizliğini sağlayan ve bantlı konveyör fonksiyonlarına engel teşkil etmeyen yeni bir ekipman tasarımı oluşturulmuştur.

Bu çalışmada; konveyör bantlar ile taşınan tüm malzemeler “yük” olarak anılacaktır, kirlilik kapsamına giren tüm unsurlar “toz ve döküntü” olarak anılacaktır. Sistemde kirliliğe neden olan toz ve döküntülerin en büyük kaynağı taşınan yüklerden meydana gelir. Bantlı konveyörlerde sadece temizleyici sistemlerle toz ve döküntüyü kontrol etmek mümkün değildir. Bantlı konveyörün tasarımından itibaren ekipmanların ve mekanizmaların standartlara uygun olarak döküntüye, dış ortam etkilerine, tozlaşmaya ve gerekli dayanıma uygun olarak seçilmesi ve yerleştirilmesi

gerekmektedir. Temizlik sistemleri bu süreçte analiz edilerek gerektiği noktalarda kullanılmalıdır. Bundan dolayı bantlı konveyörlerde temizlik konusu bir bütün olarak değerlendirilmeli ve uygun tipte doğru bir temizleyici seçimi yapılmalıdır. Buradan yola çıkarak yapılan çalışmada geleneksel temizlik sistemlerine alternatif olabilecek, daha az sarf malzeme kullanımı ve işçilik maliyetleri olan yeni bir temizlik sistemi ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Yeni bir ekipman geliştirilmesi için mevcut temizlik sistemleri araştırılarak bantlı konveyörler için uygunlukları incelenmiştir. Aynı zamanda bantlı konveyörü oluşturan elemanlar ve kirlilik etkileşimleri değerlendirilerek tasarım çalışmalarından önce gerekli altyapı verileri oluşturulmuştur.

Yapılan tez çalışmasında; temizlik sistemi bantlı konveyörün yardımcı bir ekipmanı olduğu için öncelikle deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere bir bantlı konveyör tasarımı ve imalatı hazırlanmıştır. Bu doğrultuda; konveyör bantlarının temizlik işlemini yıkama yöntemi ile gerçekleştiren ve “yıkama sistemi” olarak adlandırılan ekipmanın tasarımı oluşturulmuş, yapılan analiz ve testler doğrultusunda imalatlar ve montaj işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Yıkama sistemi bantlı konveyör üzerinde oluşturulan kirlilikler doğrultusunda temizlik işlevlerinin gözlemlenmesi amacıyla test edilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

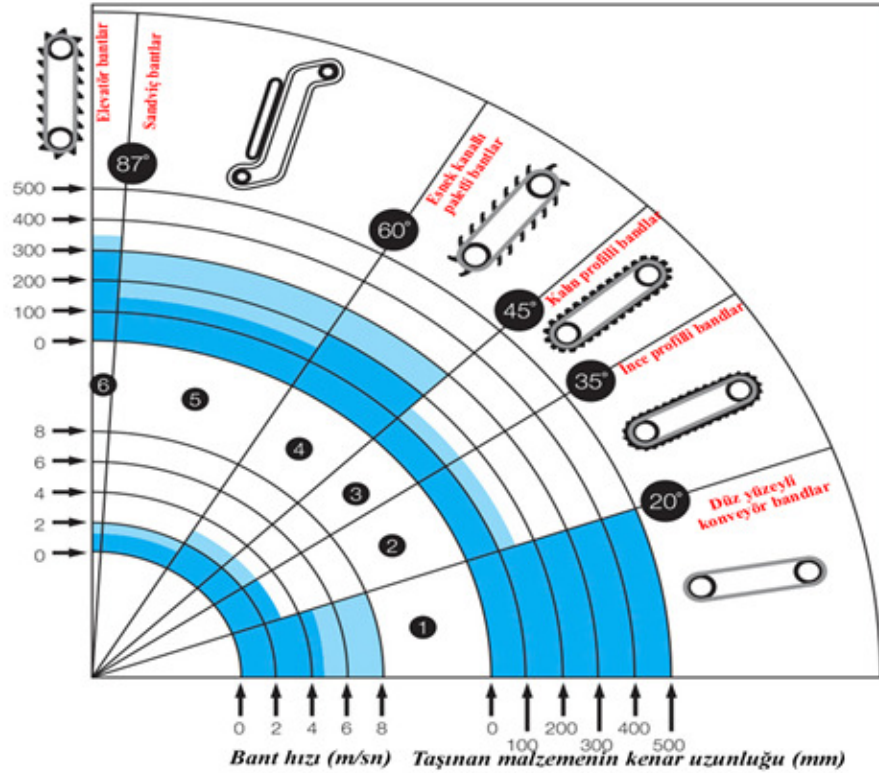
## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Bir malzemenin bir yerden başka bir yere taşınması endüstriyel taşımanın önemli alanlarından birisidir. Bantlı konveyörler en yaygın kullanılan taşıma sistemlerinden biri olup, işlevlerini yerine getirebilmeleri için toz ve döküntü kontrolü büyük önem taşımaktadır.

### 2.1. BANTLI KONVEYÖRLER VE AKSAMLARI

Bantlı konveyörlerin ortaya çıkması ve yaygınlaşması 19. Yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. Konveyörler ile ilgili ilk patent 1893 yılında Thomas Robins Jr. tarafından alınmıştır [2].

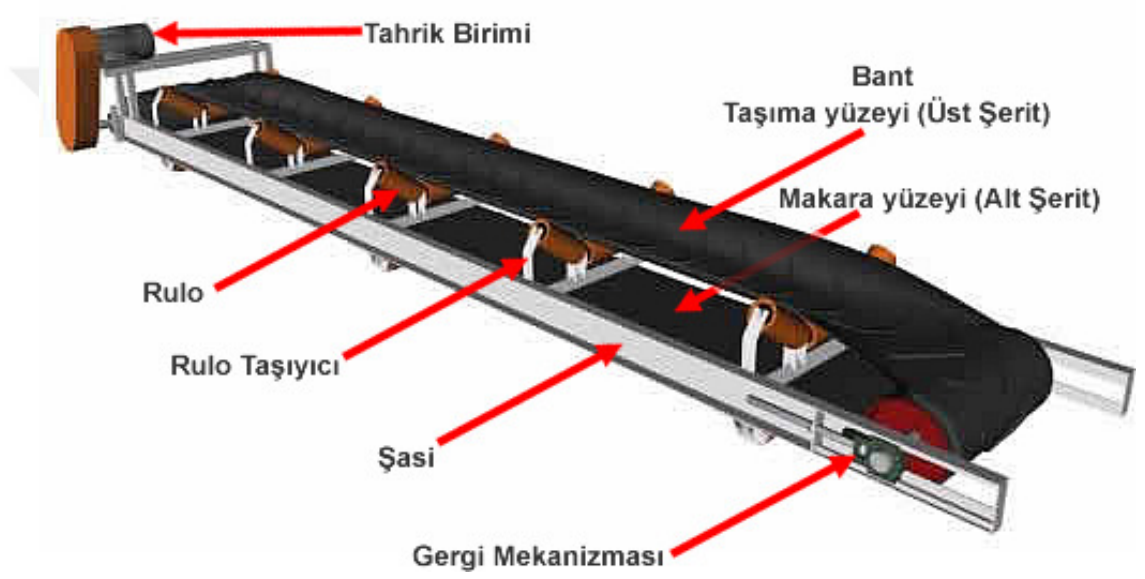
Genel olarak bir sınıflandırma yapacak olursak bantlı konveyörleri çalışma açlarına göre Şekil 2.1’de gösterildiği gibi sınıflandırabiliriz.



Şekil 2.1. Bantlı konveyörlerin tırmanma açısına göre sınıflandırılması

Bu tez çalışmasında Şekil 2.1.'de gösterilen 1, 2 ve 3 numaralı bantlı konveyörler incelenecektir.

Bantlı konveyörler basit bir ifade ile; bir şasi üzerine kurulu tahrik sistemi ile çevrilen bant üzerine serilen malzemeyi yükleme noktası ile boşaltma noktası arasında taşıyan makinelerdir. Ana bileşenleri, iki tambur arasında gergili bir bant ve bantı taşıyan ve yönlendiren rulolardır [3].

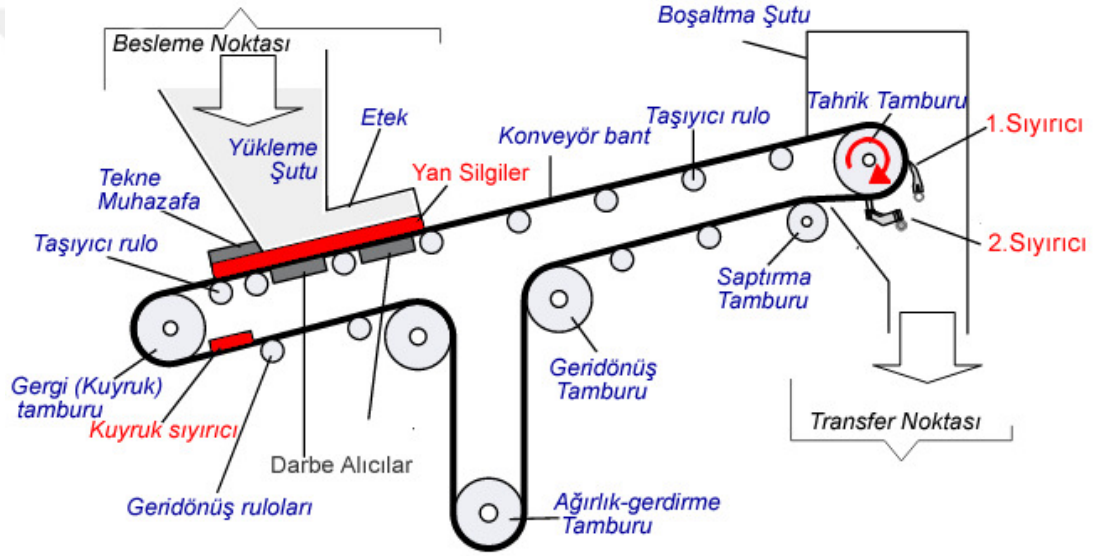


Şekil 2.2. Geleneksel bir bantlı konveyörün ana aksamalarının genel gösterimi

Bantlı konveyör tasarımları genellikle DIN standartları [4] ve Amerika merkezli Konveyör Ekipmanları Üreticileri Birliği (CEMA) yayınları [5] referans alınarak yapılırlar. Konveyör bantlar genel olarak tasarım kapasiteleri ile anılmaktadırlar. Örneğin “100 ton/saat kapasiteli seyyar yükleme bantı” gibi. Taşınacak yükün karakteristik özellikleri ve miktarı üzerine kurulan konstrüksiyon tasarımı bunun sonsuz aktarımını yapacak aksamaların bir araya gelmesi ve optimum maliyetlerle işletmeye sunulmasını gerektirir. Bantlarda toz ve döküntüleri asgari seviyeye indirme ve ortadan kaldırma mekanizmaları da tasarım aşamasında üzerinde durulan konuların bir tanesidir [1].

### 2.1.1. Bantlı Konveyörü Oluşturan Aksamalar

Yükler genellikle bantın üst şerit kısmında gider ve alt şerit boş olarak dönüşü sağlar. Tahrik tamburu hareketini tahrik biriminden alır, gönderilecek yük makinenin üstüne kurulmuş bir ya da fazla sayıda yükleme haznesinden bant üzerine yüklenir. Bant tarafından taşınan yük, baş tamburu üzerinde boşaltma oluğuna ya da taşıyıcı boyunca herhangi bir noktaya yerleştirilmiş, özel boşaltma düzenlerine boşaltılır. Bant temizleyici de banda yapışan malzemeleri sıyırır [6]. Bir bantlı transport makinesini oluşturan bölümler Şekil 2.3.'de gösterilmiştir.



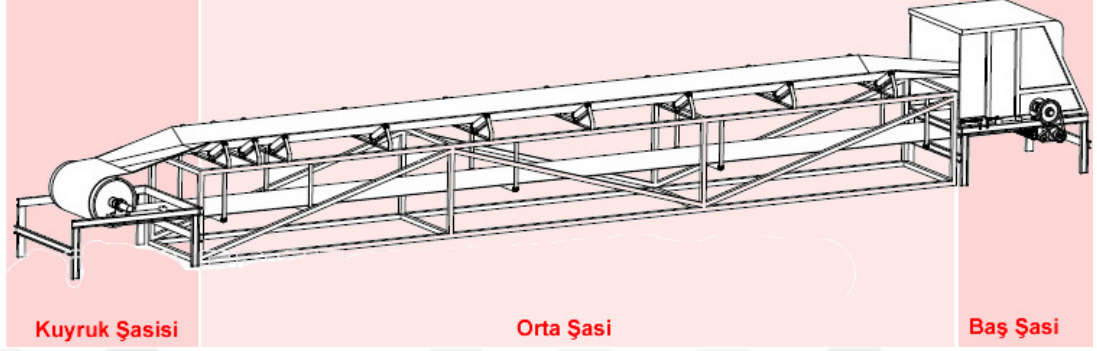
Şekil 2.3. Düşey gerdirmeli bir bantlı konveyörü oluşturan aksamalar

Konveyör bantlarda toz ve döküntü etkilerini daha iyi anlayabilmek ve temizleyici sistemleri uygulayabilmek için konveyör bant aksamalarını yakından tanımak ve incelemek gerekmektedir.

#### 2.1.1.1. Şasi

Konveyör bant şasisi tüm konveyör aksamalarını üzerinde taşıyan konstrüksiyonu oluşturmaktadır. Bant şasileri genel olarak çelik profillerden imal edilirler. Kullanma amaçlarına göre, bu şasi konstrüksiyonu farklı şekillerde olabilir,

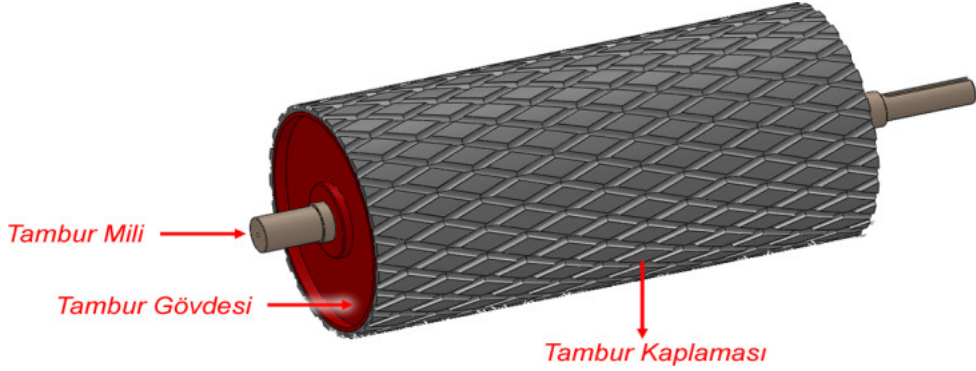
sabit tesislerde kaynaklı konstrüksiyon tercih edilirken, şantiye gibi geçici çalışma ortamlarında sökülebilir sistemler kullanılmaktadır [7]. Konveyör bant şasisin genel olarak gösterimi ve kısımları Şekil 2.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Bantlı konveyörü oluşturan şasi grupları

#### 2.1.1.2. Tahrik tamburu ve yardımcı tamburlar

Tamburlar kıvrırma sac veya borudan kenarları sac ile kapatma ile kaynaklı veya cıvata bağlantılı olarak imal edilirler. Tambur merkezinden sabit bağlantısı yapılan bir mil şasi üzerine y ataklaması y apılarak dönme hareketini sağlar.



Şekil 2.5. Tambur konstrüksiyonu.

Banda hareket veren tambura tahrik tamburu adı verilir. Bir konveyördeki tahrik tamburu sayısı bir veya daha fazla olabilir.

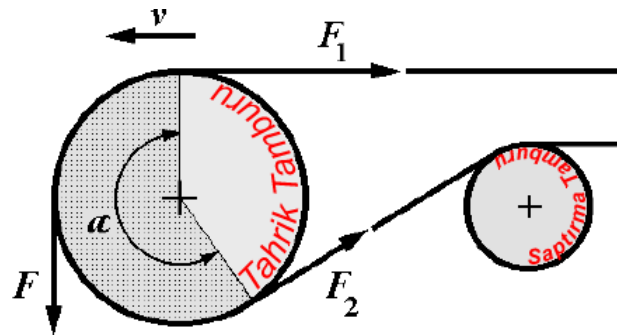
Tahrik tamburları doğrudan bir motorlu tambur tarafından tahrik edilebilmekle birlikte, dolaylı olarak bir kayış kasnak ve zincir mekanizması vasıtasıyla harici bir tahrik motoru ile de tahrik edilebilirler. Şekil 2.6.'da doğrudan (a) ve dolaylı (b) tahrik tipleri gösterilmiştir [8].



Şekil 2.6. Bantlı konveyör tahrik tamburu tipleri

Tahrik tamburları üzerinde bantın gergin tarafı ile gevşek tarafı arasında çekme kuvvetleri meydana gelmektedir. Tahrik gücü ile tambur üzerinde çevrimi yapılan bantın tambur üzerindeki dönüşü; sarım miktarı ve tambur ile kavrama etkileşimi dâhilinde azalan bir kuvvet ile geri dönüşe geçmektedir.

Banttaki çekme kuvvetleri sarım açısını ve sürtünme katsayısını arttırmak suretiyle artırılabilir. Bundan dolayı gerdirme açısını arttırmak için saptırma tamburları kullanılmaktadır. Sonuç olarak tambur ölçülendirme ve tasarımları bu parametreler doğrultusunda yapılmaktadır.



Şekil 2.7 Bantlı konveyör tahrik tamburu kuvvet bileşenleri gösterimi



Bir konveyörde tahrik tamburundaki bant kuvvetleri ile sarım açısı ve sürtünme özellikleri arasındaki bağıntı “Capstan denklemi” ile ifade edilebilir [9].

$$F_1 = F_2 e^{\mu \alpha} \quad (2.1.)$$

Burada;

$F_1$ : Bantın gergin tarafındaki çekme kuvveti

$F_2$ : Bantın gevşek tarafındaki çekme kuvveti

$\alpha$ : Bant sarım açısı

$\mu$ : Bant ile tambur arasındaki sürtünme katsayısı olarak ifade edilir.

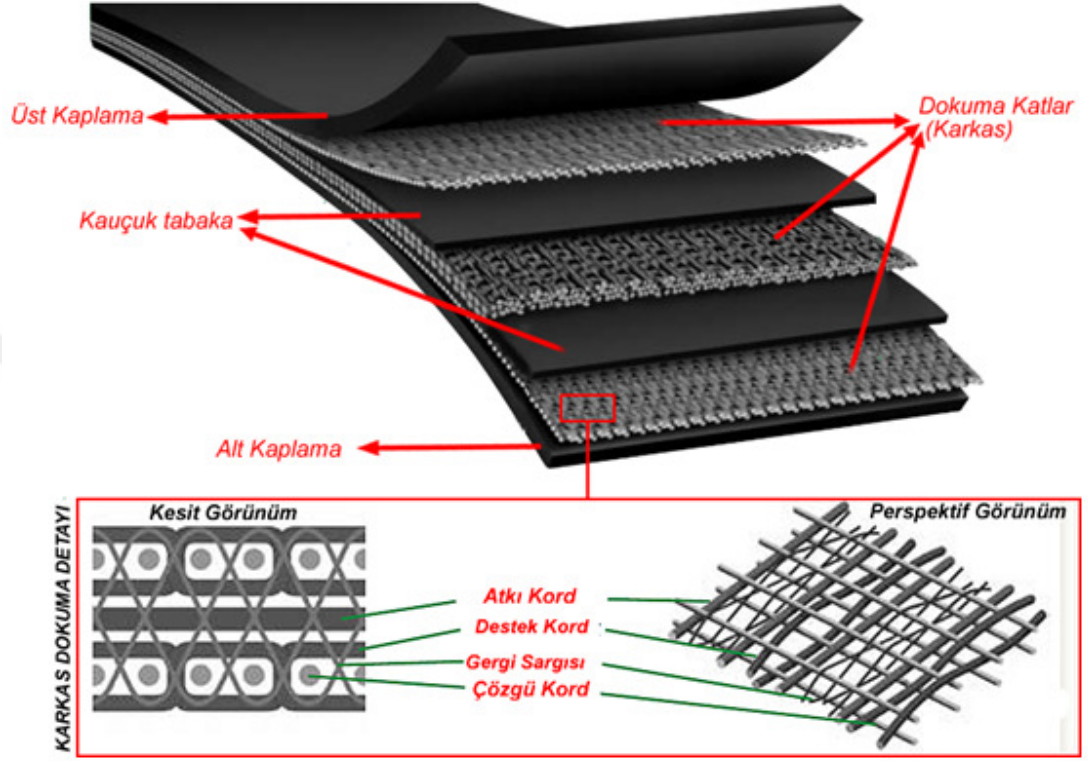
Sürtünme katsayısı “ $\mu$ ” tambur özellikle tambur hareket mekanizmasında önemli bir yere sahiptir, (2.1.) numaralı denklemde sürtünme katsayısını arttırmak sureti ile aynı gücü daha az çekme kuvveti ile uygulanabileceği görülmektedir. Bu amaçla tamburların çelik yüzeyleri çoğu zaman 10 - 15 mm kalınlığından lastikle kaplanır. Lastik kaplı tamburların sürtünme katsayısı 0.20 – 0.60 arasında değişmektedir. Genel olarak ise hesaplamalarda; sürtünme katsayısı kaplamasız tamburlarda 0.25 lastik kaplılarda ise 0.35 kabul edilmektedir [7].

Tahrik tamburu dışında kalan tamburlar ise yardımcı tamburlar olarak ifade edilirler. Şekil 2.3.’te görülebileceği üzere bu tamburlar gergi, saptırma, ağırlık taşıma, geri dönüş yönlendirme gibi amaçlarda kullanılabilir.

#### 2.1.1.3. Bant

Konveyör şasisi üzerinde tahrik ve taşıyıcı sistemlerin üzerinde yüklerin nakli konveyör bandı ile mümkün olmaktadır. Bant sistemi hareket için gerekli olan çekme kuvvetine, malzemenin mekanik ve korozyon aşındırma tesirine, rutubete ve sıcaklığa dayanıklı olmalıdır. Konveyör bandı ayrıca malzemenin yüklenme bölgesinde darbe tesirine, rulolara yaslanmasından ve kasnaklara sarılmasından ötürü eğilmeye ve savurma kuvvetlerine de maruzdur [7]. Konveyör bantları karkas kısmı denilen dokuma kordlardan oluşan iç katmanları bulunmaktadır ve bu karkas yapı

kuvvetlerin iletimini sağlayarak bantın işlevini yerine getirilmesinde önemli rol oynar. Şekil 2.8’de bir bantı meydana getiren kısımlar gösterilmektedir, karkas kısım kauçuk tabakalar ile ayrılmış, alt ve üst kauçuk tabaka ile koruma altına alınmıştır.



Şekil 2.8. Bir konveyör bantının iç yapısı

Karkas banttaki çekme kuvvetini nakleder, bantın yük taşımalarını sağlar ve bantta oluşan uzunlamasına çekme gerilmesini karşılar. TS547 standardına göre konveyörlerde kullanılan bantlar karkas yapılarına göre iki genel gruba ayrılmıştır. Bunlar dokuma bantlar ve çelik kordlu bantlardır.

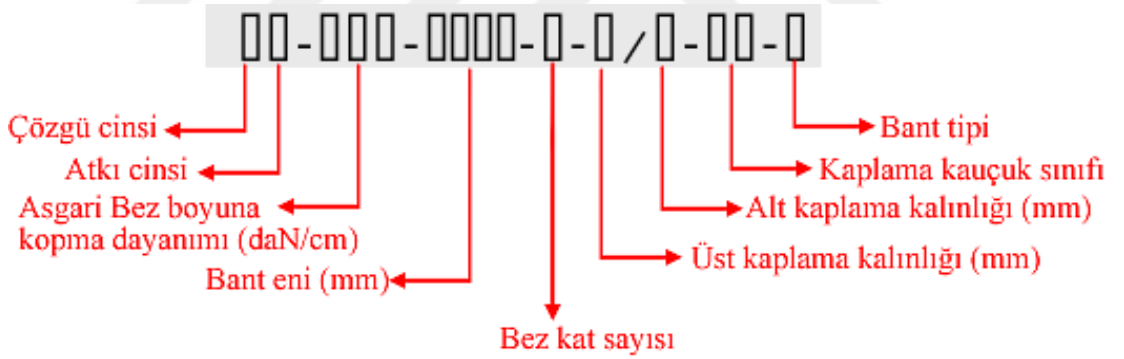
Bant karkasının asıl görevi yüklü bandı hareket ettirmek için gerekli gerilim gücünü taşımak ve bant üstüne yüklenirken malzemenin saldığı çarpma enerjisini absorbe etmektir. Bir bantlı konveyörün karkası genellikle sürtünme veya köpük kauçuk ile birleştirilmiş dokumadan oluşan katlardan meydana gelmiştir. Bant imalinde kullanılan minimum tabaka sayısı üçtür; bu değer bant genişliği bağlı olarak 15’e kadar çıkabilir. Bununla beraber karkas iç örgülü liflerden oluşmuş bir tek

kattan da ibaret olabilir. Bant karkas yapısını oluşturan katların sayısı banda etkiyen kuvvet ve bant parametreleri doğrultusunda hesaplanabilmektedir. [7].

Çizelge 2.1. TS 547 standartına göre kord iplikleri malzemeleri ve kısa kodları [10]

İplik Cinsi	Kod Harfi
Pamuk	B
Suni ipek elyaf	Z
Suni ipek	R
Polyamid	P
Polyester	E
Aramid	D
Cam	G

Tüm bu bant özellikleri ülkemizde TS547 standartına göre Şekil 2.9.'da belirtilen kodlama sistemi ile tarif edilirler [10]. Bu kodlama ile bant ile ilgili tüm özellikler basit bir kodlama ile ifade edilebilmektedir. Farklı ülke ve topluluklarda benzer şekilde kodlama sistemleri mevcuttur.



Şekil 2.9. TS547 standardına göre bant kodlama sistemi gösterimi

Örneğin; EP-160-1200-5-4/2-A1-D Kodlu bir bant için kodlamaları ifade edecek olursak;

E ; Çözgü polyester malzemedendir.

P ; Atkı polyamid malzemedendir.

160 ; Minimum boyuna bez dayanımı 160 daN/cm'dir.

1200 ; Bant eni 1200 mm'dir

5 ; Karkas 5 kattan oluşmaktadır

4 ; Üst kaplama kalınlığı 4 mm'dir.

2 ; Alt kaplama kalınlığı 2 mm'dir.

A1 ; Kapslama kauçuğu sınıfı A1'dir. Diğer kapslama sınıfları aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır [12].

- A1- Yüksek aşınma dayanımı
- A2- Orta aşınma dayanımı
- F - Alev dayanıklılık
- T1- 200°C sıcaklığa dayanıklılık (Bant yüzey sıcaklığı)
- T2- 120°C sıcaklığa dayanıklılık
- O - Yağlara dayanıklılık

D ; Bant D tipi sonlu, yani bir makara üzerine sarılı tiptedir. Diğer bant tipi kodları aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır [12].

- D – Sonlu
- N – Sonsuz
- P – Profilli

Bant kaplamalarında; elastomer (tabii veya suni kauçuk), plastomer (örn PVC) ve diğer malzemelerden tercih edilmektedir [11]. Çizelge 2.2.'de kapslama malzemeleri listenmiş ve genel özellikleri belirtilmiştir. Genellikle konveyör bantın üst tabakaları taşınacak yükün özelliklerine bağlı olarak sıcaklığa, darbeler, aşınmaya, neme, kimyasal etkileşim ve eğilme tesirlerine dayanımlı olarak daha kalın bir tabakadan oluşmaktadır. Kalınlığı yaklaşık olarak 1,5 ile 12 mm arasındadır.

Çizelge 2.2. Bantlarda kullanılan elastomer malzemelerin sınıflandırılması [11]

Kısa sembol (ASTM D 1418-79)	Yaygın kullanılan adı	Bileşimi	Genel özellikleri
NR	Doğal	Isopren	Aşınma, kesilme ve delinme dayanımı mükemmel. Yağlı ortamlarda çalışılmamalı.
SBR	SBR	Styrene-butadiene	Aşınmaya dayanım mükemmel, kesilme, delinme, yırtılma, ısıya dayanım iyi.
EPDM	Etilen-Propilen kauçuk	Ethylene-propylene diene terpolymer	Yaşlanma ve ısıya dayanım mükemmel, Aşınma dayanımı iyi.
CR	Neopren	Chloropren	Aşınmaya, güneş ve alev dayanım iyi. Petrol bazlı yağlarla çalışılabilir.
NBR	Buna N	Nitrile-butadiene	Bitkisel, hayvansal ve petrol kökenli yağlarla mükemmel çalışabilir.

IR	Poliizopren	Isoprene, sentetik	Doğal kauçuk ile özellikleri aynı.
BR	Polibutadien	Polybutadiene	Aşınma dayanımı ve esneklik mükemmel. Düşük ısıda kullanılabilir.
IIR	Butil	Isobutylene-isoprene	Yüksek ısıya mükemmel dayanım.. Aşınmaya iyi dayanım.

Bandın alt kaplaması bant karkasının üzerini kaplayan ve bandın makaralara temas eden yüzünde bulunan bant karkasını koruyucu ve aşınmayı önleyici malzemedir. Bu kaplama banda pislik nüfuziyetini önlediği gibi, tamburdan aldığı tahrik kuvvetini karkasa nakleder. Bazı uygulamalara göre bant üst ve alt kaplama kalınlıklarının mertebeleri Çizelge 2.3.'de görüldüğü gibi yükün parça büyüklüğüne, aşındırıcılığına ve spesifik ağırlığına bağlı olarak değişmektedir.

Çizelge 2.3. Alt ve üst kaplama kalınlıklarının kullanım tiplerine göre değişimi [13]

	Kullanım grubu	Yük	Üst kaplama (mm)	Alt kaplama (mm)
Dokuma bantlar	Seyyar bantlar, çuval ve palet nakli	İnce ve hafif malzeme	2	1
	Yükleme bantları (İşletme)	Taş kömürü, potas, çakıl, kum, ince cevher	2-4	2
	Yükleme bantları (Maden)	İri kömür, taş çakıl, cevher	4-8	2-3
	Kırma bantları	İri parçalı taş, cevher	8-16	3-4
Çelik bantlar	Yükleme bantları (İşletme)	Taş kömürü, potas, çakıl, kum, ince cevher	4-8	4-6
	Yükleme bantları (Maden)	İri kömür, taş çakıl, cevher	6-12	4-8
	Kırma bantları	İri parçalı taş, cevher	10-20	6-10

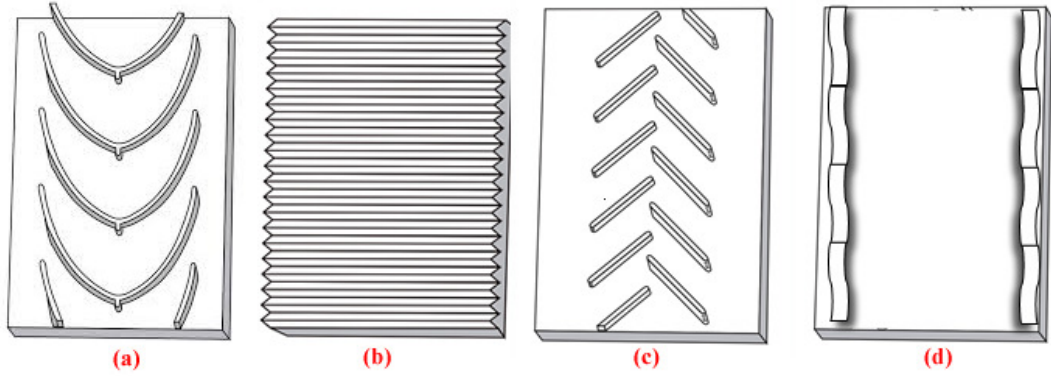
Bant sisteminin eğimi; taşınan yük ile bant arasındaki sürtünme katsayısına, malzemenin sürüş arj (yığılma) açısına bağlı olan bir azami değere kadar artırılabilir. Malzemenin bant üzerinde güvenli bir şekilde taşınabilmesi için bant güzergahının alabileceği bu maksimum eğim, bant ile malzeme arasındaki sürtünme katsayısına

denk gelen açıdan  $7^{\circ}$ - $10^{\circ}$  daha az olmalıdır [13]. Bant güzergahının alabileceği maksimum eğim değerleri Çizelge 2.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Yüklerin önerilen azami taşıma eğim açıları

Yük	Taşıma Açısı	Yük	Taşıma Açısı
Linyit briketi	$12^{\circ}$	Kuru kum	$18^{\circ}$
İri taneli cevher	$18^{\circ}$	Nemli kum	$27^{\circ}$
İnce taneli cevher	$25^{\circ}$	Antrasit	$17^{\circ}$
Dökme çimento	$20^{\circ}$	Taş kömürü	$18^{\circ}$
Tahıl	$18^{\circ}$	Taş kömürü tozu	$22^{\circ}$
Kireçtozu	$23^{\circ}$	Elenmemiş kırma taş	$18^{\circ}$
Elenmiş kok	$17^{\circ}$	Kuru toprak	$20^{\circ}$
Elenmemiş kok	$18^{\circ}$	Nemli toprak	$25^{\circ}$

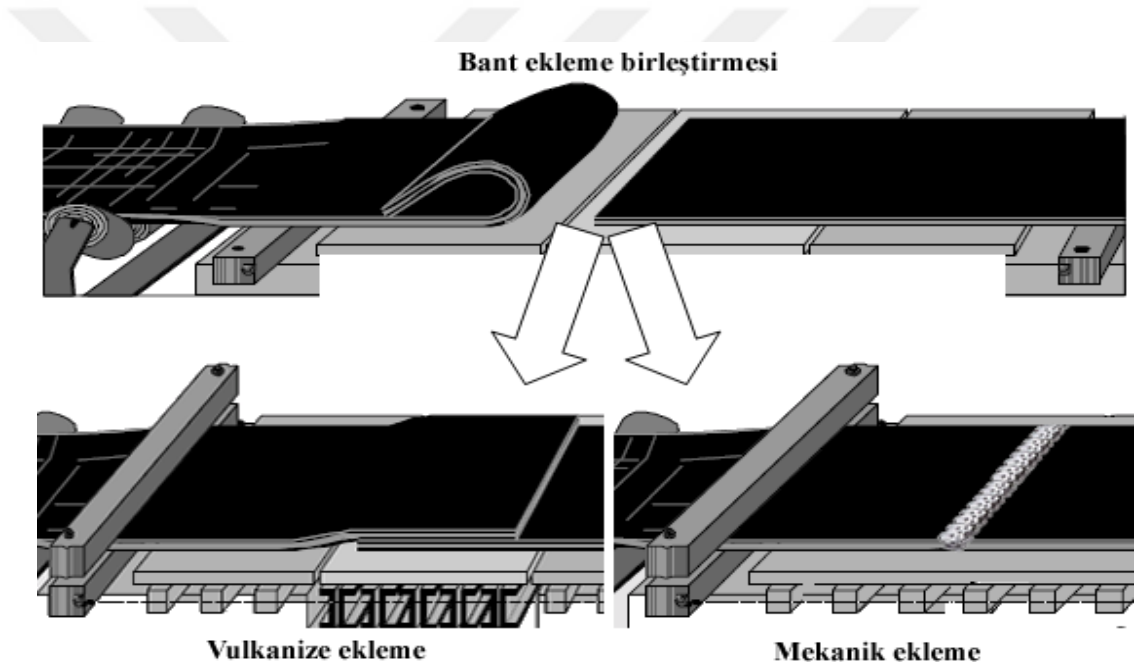
Bantlı konveyörler çalışma açıları arttıkça ve taşınan yüklerin özelliklerine bağlı olarak üst şeritlerinde yüzey profillerine ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 2.10.'da bazı yüzey profilleri gösterilmiştir; (a) tipi profil lades bant olarak anılmakta, (b) tipi profil tırtıklı bant olarak anılmakta, (c) tipi profil herringbone tip olarak anılmakta, (d) tipi profil oluklu tip olarak anılmaktadır [14].



Şekil 2.10. Bazı bant yüzey profilleri

Bantlı konveyörlerin konveyör sistemi üzerinde işlevlerini yerine getirebilmeleri amacıyla sonsuz forma getirilmeleri için uçlarının birleştirilmesi gerekmektedir. Bant çekme kuvvetlerinin en az kayıpla aktarılması açısından ekleme bölgeleri ve ekleme usulleri büyük önem taşımaktadır. Bant ekleri Şekil 2.11.'de görüldüğü üzere genel olarak iki şekilde eklenmektedir. Bunlardan birincisi vulkanizasyondur, bu işlemde birleştirilecek her iki taraftaki bant karkası açılarak

tüm kordlar karşılıklı çözülerek birleşimi yapılır, soğuk veya sıcak vulkanizasyon yöntemleri ile bant birleştirilir. Diğer bir yöntem ise mekanik eklemedir, hazır kauçuk, metal veya plastik kesit parçalar bant üzerine vidalama veya perçinleme yöntemi ile montajı yapılarak birleştirme sağlanır. Mekanik eklerin kopma dayanımları vulkanizasyon eklere göre daha düşüktür. Daha düşük maliyette ve daha pratik uygulaması yaygın kullanımına sebep olmaktadır. Bir banttaki ek sistemleri özelliklerini yitirdiklerinde tekrar kullanılamazlar, aynı bant mukavim yerlerinden tekrar yeni bir ekle eklenir, ekleme yöntemlerinin maliyetleri bazen bandın toplamından daha maliyetli olabilmektedir. Bundan dolayı eklerin ömürlerinin uzun olması, hatasız montajı yapılması istenmektedir [15].



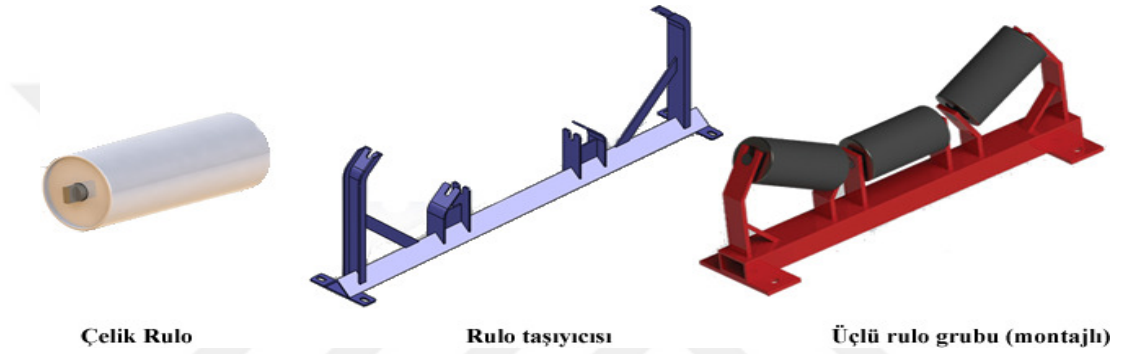
Şekil 2.11. Bantların ekleme usulleri gösterimi.

Konveyör bantlarında üzerinde durulacak en önemli özelliklerden birisi de bandın aşınma dayanımıdır. Bant çalışması boyunca oluklaşma hareketi ile tambur ve rulo yüzeyleri ile sürekli temas etmekte, taşınan yükün boşaltılması neticesi darbe etkisi altında kalma ve transfer süresince bir sürtünme meydana gelmektedir. Temizleyici sistemler gibi sürekli temas halinde olan aksamlar da aşınmaya etki etmektedir. Bir bandın aşınma dayanımı DIN53516 ve ISO4649 standartlarına göre yapılan testler ile tayin edilmektedir. Bu testler neticesinde deney parçası üzerinde

meydana gelen mm<sup>3</sup> cinsinden aşınma miktarına göre skalalar belirlenmiştir [16]. Konveyör bantlarında bu aşınma dayanımının yüksek olduğunu ifade edebilmek için mertebesinin minimum olması istenmektedir.

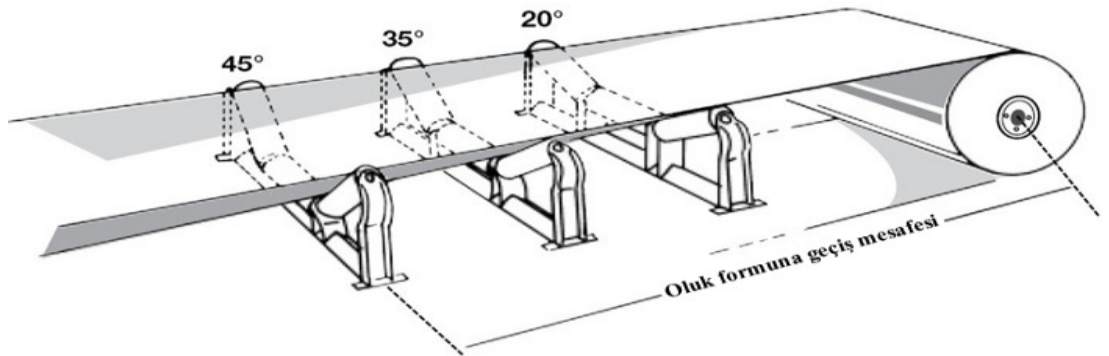
#### 2.1.1.4.Rulolar

Konveyör bant şasisi üzerinde taşıyıcı bir aksam üzerinde montajı yapılan rulolar, bir mil üzerinde dönme hareketi yapan silindirik makaralardır. Şekil 2.12.'de bir konveyör bandında kullanılan rulo sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Rulo ve taşıyıcıları

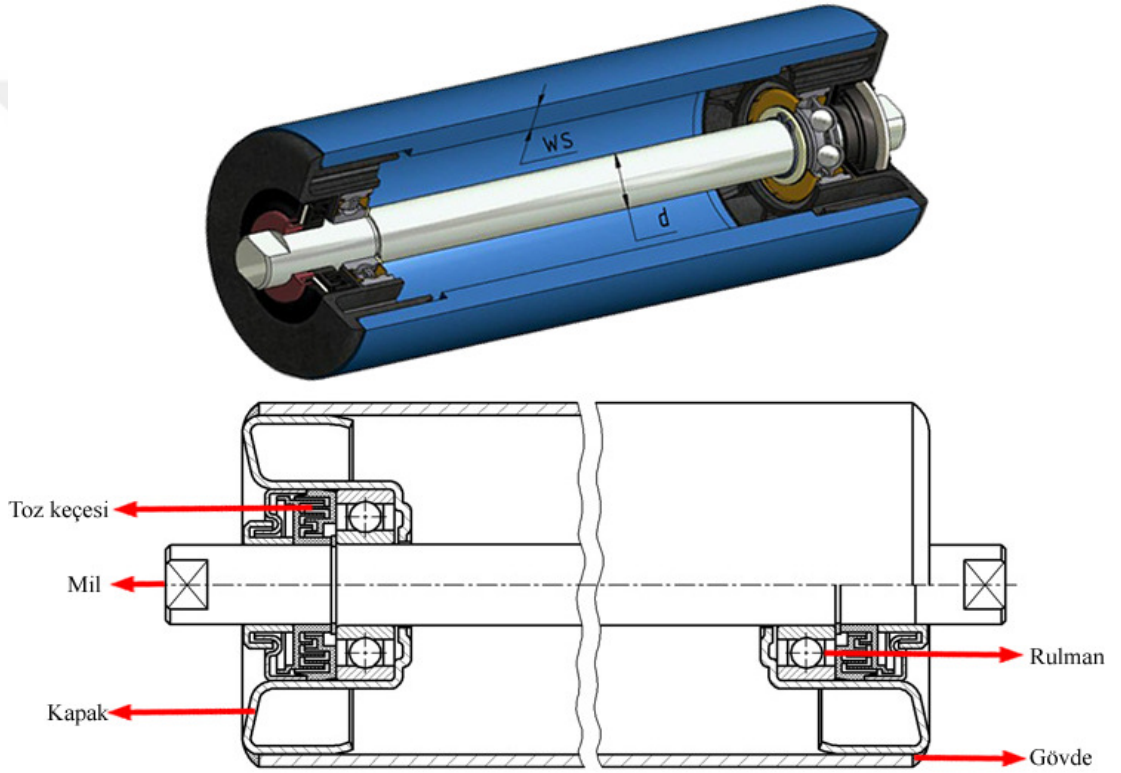
Rulo grupları; üst şerit kısmında yükü taşıyan banda veya alt şeritte dönüş kolunda banda mesnetlik eder, yükün şutlardan boşaltıldığı noktalarda sık dizilimle darbeleri sönümler aynı zamanda banda oluk formunun verilmesinde taşıyıcı açları vasıtasıyla görev görür [7]. Şekil 2.13.'te bandın oluk formunu almasında rulo gruplarının rolü gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Rulo gruplarının bandın oluklaştırılmasındaki etkisi



Rulolar genel olarak sabit bir mil üzerinde iki noktada yataklanmış, serbest dönen bir borudan ibarettir. Rulmanlar genellikle kapalı tip kendinden yağlamalı tiptedirler. Rulmanlara toz ve zararlı maddelerin girmemesi için kapak ile rulman arasında keçeleme mevcuttur, genellikle bu keçeler toz ve partikül sızdırmazlığı için seçilmişlerdir ve atmosferik koşullara dayanıklı değildirler. Rulolar ayrıca bantlı konveyörlerde en çok kullanılan ve değişimi yapılan aksamlandırlar, bundan dolayı uzun ömürlü ve aynı zamanda ekonomik olmaları istenmektedir [7]. Şekil 2.14.'te geleneksel bir rulo için kesit görünüşü sunulmuştur.

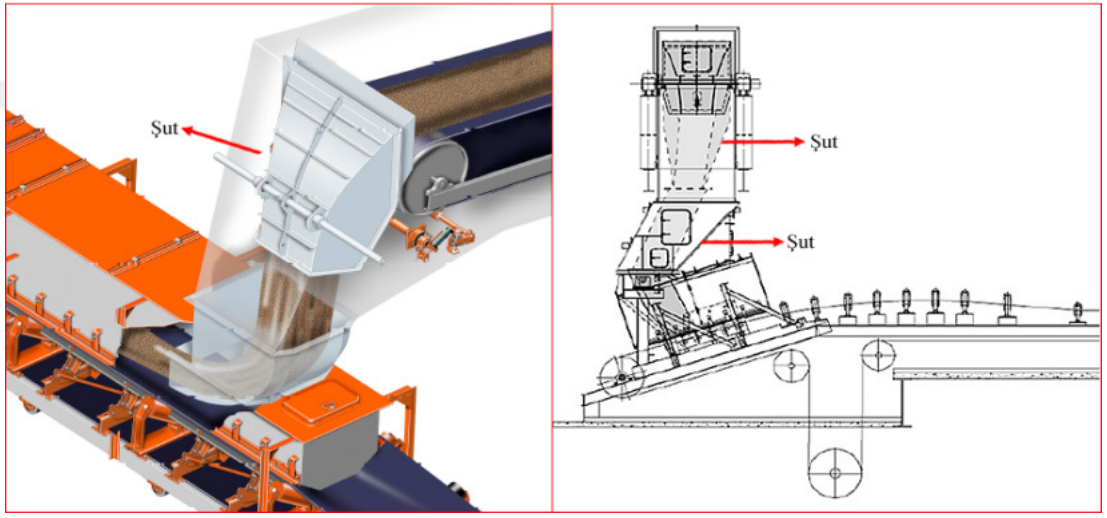


Şekil 2.14. Rulo kesit görünüşü.

Rulolar genellikle çelik çekme borulardan imal edilirler, karbon çeliği bu malzemeler yerine çelik döküm, plastik ve kauçuk esaslı malzemelerden de rulo imalatları bulunmaktadır. Makaralarda rulmanlı yatak kullanıldığında sürtünme katsayıları oldukça küçüktür. Makaraların dış çapına indirgenmiş ortalama sürtünme katsayısı 0.02 ile 0.04 arasındadır [7].

### 2.1.1.5.Yükleme ve boşaltma şutları

Bantlı konveyörler yükleri gergi tamburuna yakın bir noktada bant üzerine bir boşaltma haznesi üzerinden almak durumundadırlar. Taşınan yük genellikle tahrik tamburu üzerinden başka bir hazneye veya doğrudan yığın bölgesine oluksu bir yapıdan boşaltılmaktadır [7]. Bu hazneler şut veya bunker olarak isimlendirilmektedir. Şekil 2.15. 'te görüldüğü gibi bir bantlı konveyör yükünü bir şut üzerinden başka bir banta aktarmaktadır.



Şekil 2.15. Bantlı konveyör yükleme ve boşaltma şutları gösterimi [16]

Boşaltma şutları malzemenin yerçekimi kuvveti ile naklini sağlar, Şut eğimi konstrüksiyon formu, malzemesi ve nakledilen malzemeye göre değişmektedir. Boşaltma esnasında konveyör banta darbe yükleri etki etmektedir ve bu noktada tozlaşma, dökülmeler sık görülmektedir. Şutların tasarım aşamasından uygun yerleşimi ve açılandırılması, dökülme bölgesinde toz toplama ve sızdırmazlık sistemleri dahil edilmesi büyük önem taşımaktadır [17].

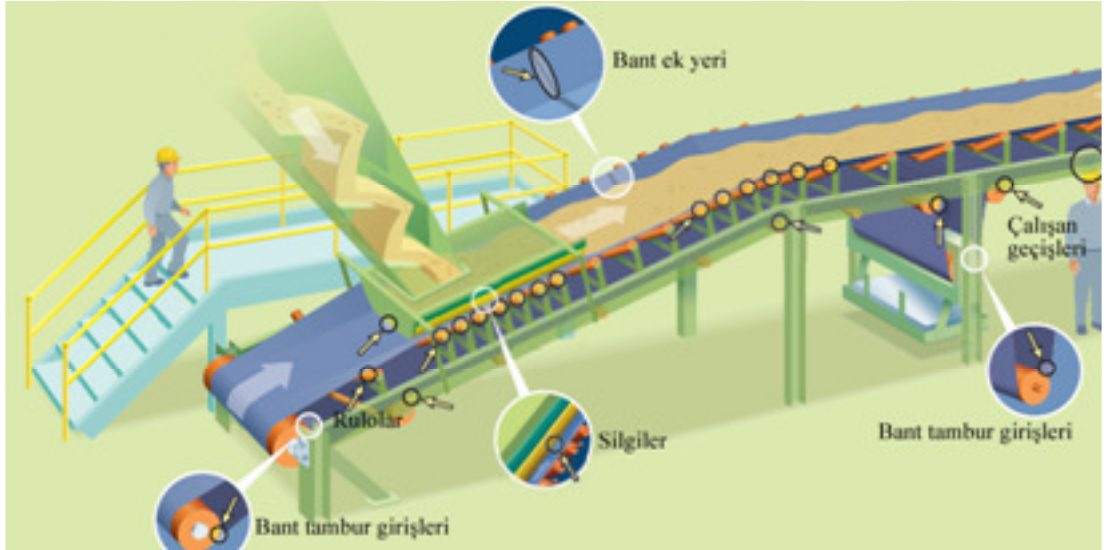
Genellikle bantlar mobil yükleyiciler, vidalı konveyörler, sıyırıcılar, başka konveyörler gibi bir kaynaktan beslenirler. Boşaltma işlemleri genellikle son noktaya ve ara aktarım gruplarına olmaktadır. Bantlı konveyörlerde şut üzerinden aktarımın haricinde bant üzerinde gezebilen triper sistemleri ile de boşaltma yapılabilmektedir.

#### 2.1.1.6. Güvenlik aksamları

Bantlarda iş güvenliğine yönelik uygulamalar tasarım aşamasında yapılan risk analizleri doğrultusunda ve işletme şartlarında ortaya çıkan gereksinimlere göre sisteme dahil olmaktadır [17]. Güvenlik önemleri için öncelikle riskli bölgeler tanımlanması gerekmektedir. Çalışan ve çevre güvenliğini etkileyen risk unsurları aşağıdaki gibidir.

- Çalışma esnasında hareketli ve dönen aksamların yarattığı riskler
- Bakım veya başka amaçlı çalışmalar için bantın durdurulması ve bant üzerinde çalışılması
- Toz ve döküntülerin yarattığı riskler
- Yangın riskleri

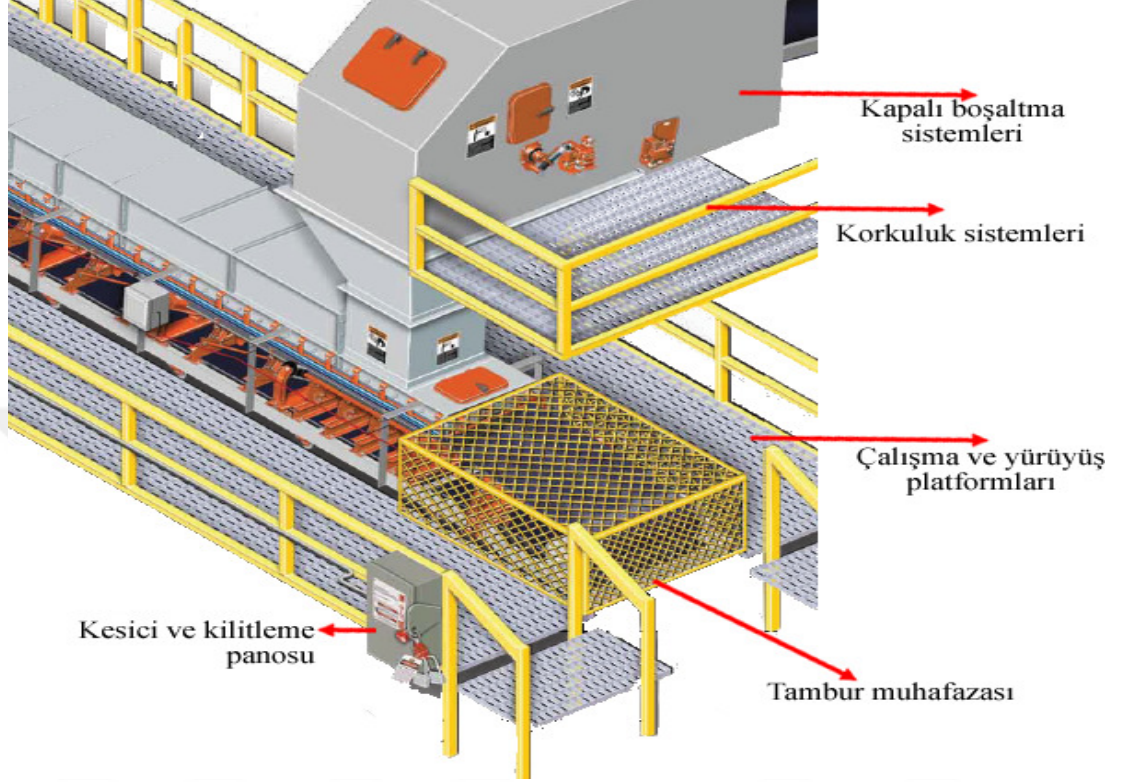
Bantlı konveyörlerde ekipman kaynaklı risk oluşturan bölgeler Şekil 2.16.'da gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Konveyör bantlarda risk meydana getiren aksamlar ve kısımlar

Risk oluşturan aksamlar muhafazalar ve koruyucularla kapatılmalıdır. . Bu tip ekipmanlarda mevzuata ve standartlara uygun olarak imal edilen makine

koruyucularının uygulanmasında yasal zorunluluklar da vardır [17]. Şekil 2.17.'de bantlı konveyörlerde güvenli çalışmaya dair kullanılan koruyucular gösterilmektedir.



Şekil 2.17. Konveyör bant güvenlik aksamları gösterimi [19]

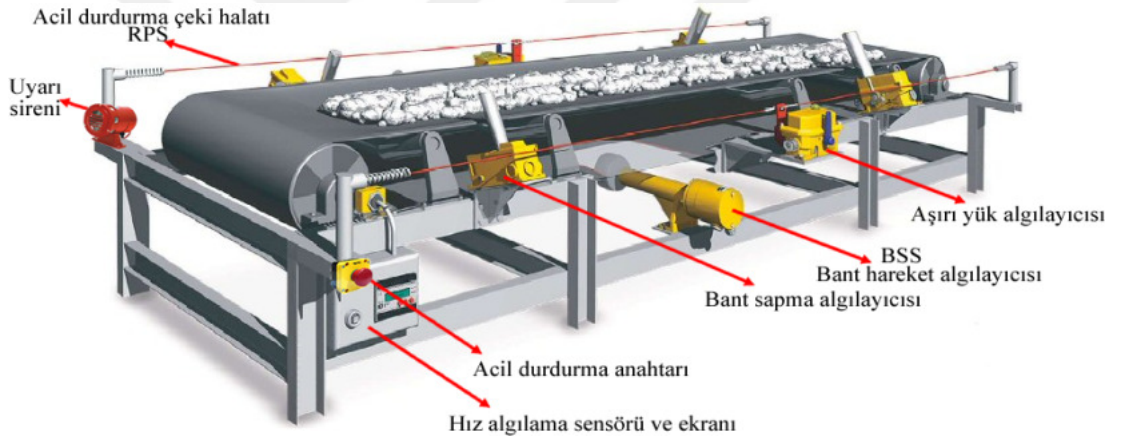
İş kazalarının hangi aksamalarda daha yoğun görüldüğü incelendiği zaman Çizelge 2.5.'te görüldüğü gibi daha çok büyük çaplı olan tahrik ve gerdirme tamburlarında olduğu gözükmemektedir [18].

Çizelge 2.5. Bantlı konveyörlerde yaşanan iş kazalarının kısım bazında gösterimi

İş kazası yaşanan ekipman aksamları	İş kazası gerçekleşme yüzdesi (%)
Tahrik tamburu, gerdirme tamburları	48
Rulolar	13
Emniyet ve algılama sistemleri	13
Güç aktarma ve kaplin grupları	7
Gerdirme ağırlık ve mekanizmaları	5
Bant	2
Diğer	12

Mekanik güvenlik uygulamalarının yanında bant sisteminin işlevi ile ilgili de emniyeti sağlayan elektriksel güvenlik önlemleri vardır. Bant sistemine yerleştirilen algılama ve izleme ekipmanları ile bantın belirlenen emniyetli sınırlar içinde çalışması sağlanabilmektedir [19].

Sürekli çalışma şartları altında bantlı konveyörlerde bant, tambur ve aksam arızaları, çalışanlar için emniyetsiz durumlar gibi acil durum koşulları oluşabilmektedir. Tüm tehlike durumlarında bantın ve varsa bağlı aksamlarının derhal durdurulması gerekmektedir. Durdurma işlemi bir algılayıcı vasıtasıyla olabileceği gibi, uzaktan bir merkezden veya ekipman kumanda panosundan el ile de yapılabilir. Bir bantlı konveyörde genel olarak kullanılan izleme ve güvenlik sistemleri Şekil 2.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Konveyör bant güvenlik ve algılama sistemleri

Taşıma sistemlerinde birden fazla bant eş zamanlı veya arka arkaya çalışabilmektedir. Bu kontrol bir “interlock” sistemi ile sağlanmaktadır. Bantların bakım işlemleri gibi çalışmasının istenmediği periyotlar için ise özelleştirilmiş kilitleme ve kesici sistemleri kullanılmaktadır. Uzun mesafeli bantlarda ışıklı ve sesli ikaz ile devreye giriş uyarı yöntemleri kullanılabilir. Bunların yanında yangın algılama ve söndürme sistemleri, patlayıcı ortamlar için gaz detektörleri ve çalışma şartlarına uygun koruyucu sınıfta sistemlerin kullanılması gibi uygulamaya özel güvenlik sistemleri de kullanılabilir [20].

### 2.1.2.Bantlı Konveyörlerin İşletilmesi ve Bakımı

Her ekipmanda olduğu gibi bantlı konveyörlerin de kapasitesine göre kullanılması gerekmektedir, düşük ve yüksek kapasiteler bantın dizayn dışında çalışmasına ve arızalara neden olmaktadır. Buna göre bantın beslemesi uygun şekilde yapılmalıdır. Bantın arızasız ve emniyetli çalıştığı düzenli aralıklarla kontrol edilmeli, tespitler varsa aciliyet derecesi belirlenerek müdahale edilmelidir [7].

Bantlı konveyör bir çok aksam ve kısımdan oluşmaktadır, bundan dolayı düzenli bir muayene ve bakım programı uygulanmalıdır. Kontrol işlemleri günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak periyotlarla yapılabilir. Genel olarak; bant ek yerleri vaziyeti, bantta hasar olup olmadığı, sıyırıcılar, rulo, tambur ve makaraların sınırlar dahilinde çalıştığıın takibi, aksamalarda kirlilik etkileri olup olmadığı kontrol işlemlerine örnek olarak verilebilir. Ekipmanların yağlanması, yağ değişimlerinin yapılması periyodik bakım işlemlerine örnek olarak verilebilir [21].

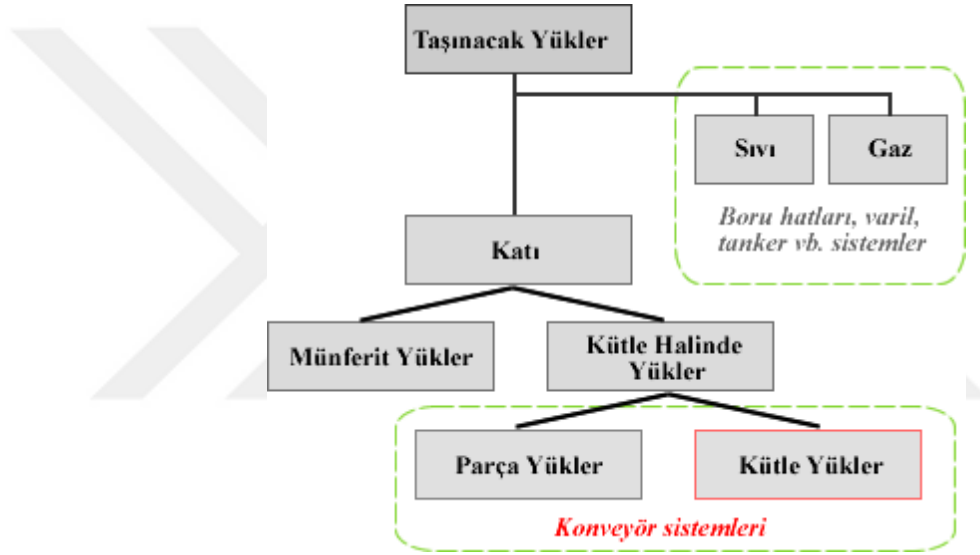
Sistemin emniyetli sınırlar dahilinde çalışması bilinçli işletme, düzenli kontrol ve bakım, temiz çalışma şartlarına bağlıdır. Bu üç faktörden birinin eksik veya hatalı olması; verimsizliğe, arızalara ve iş güvenliği açısından risklere neden olabilir. Bir malzeme taşıma sistemi için toplam malzeme kontrolünde insan faktörü önemli bir yer tutmaktadır. Bu işle görevli çalışanlar sürekli eğitilmeli, sistemi yönetenler sürekli iyileştirme politikasını benimsemelidir [22].

Tehlikeli malzemelerin taşınması söz konusu olduğunda ise yükleme aşamasından itibaren gerekli önlemler alınarak toplama malzeme kontrolü daha sıkı ve dikkatli takip edilmelidir. Bir sülfür taşıma sistemi için Cargotec firması “4S” olarak tarif edilen emniyet sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde taşınan malzemenin yanıcı, yakıcı ve korozif etkilerinden dolayı korozyona dayanıklı tasarlanmış ekipmanlarla, yangın algılama ve söndürme sistemleri, sisteme özel seçilmiş koruma düzeyi yüksek ve soğutmalı ekipmanlar, otomatik yağlama sistemleri gibi özel uygulamalar kullanılmaktadır [23].

## 2.2.KONVEYÖR BANTLARDA TOZ VE DÖKÜNTÜ KAYNAKLARI

### 2.2.1. Dahili Kaynaklar

Bantlı konveyörlerin tasarımının temellerini oluşturan yükler aynı zamanda toplam malzeme kontrolünün çalışma konusudur. Taşınan yükler çoğunlukla dökme malzeme sınıfındadır. Konveyöre giren kütlelerin çeşitli nedenlerden dolayı tamamı taşınmamaktadır, meydana gelen bu kayıpların tümü toz ve döküntü olarak adlandırılabilir.

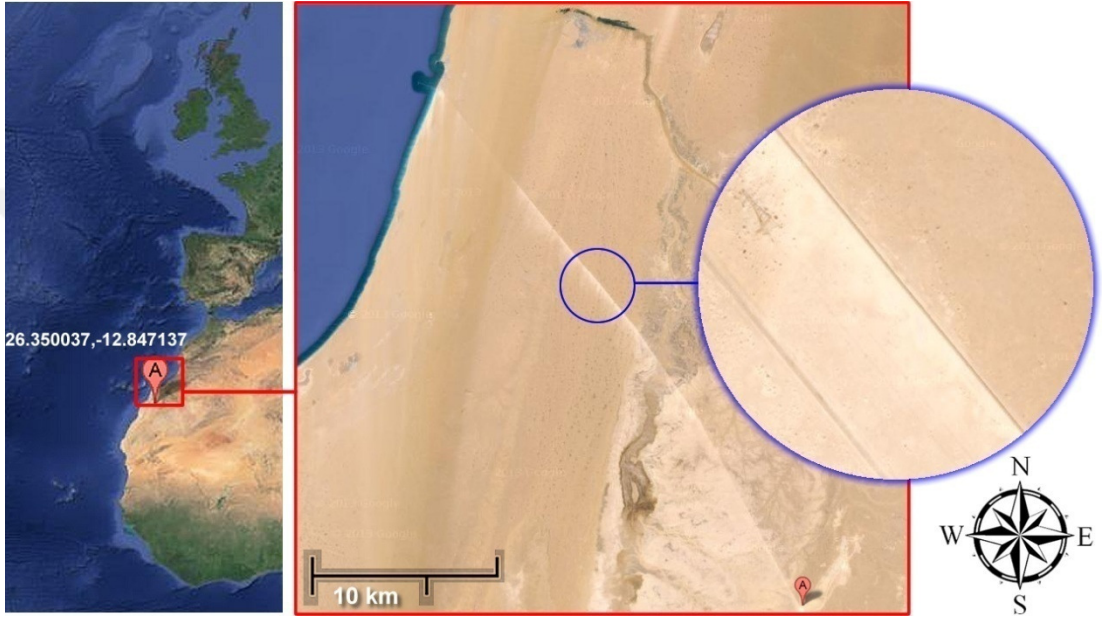


Şekil 2.19. Yüklerin genel sınıflandırılması

Gerdemeli, İ., ve İmrak, E., taşıma sistemlerindeki yükleri Şekil 2.19.'da metoda göre sınıflandırmışlardır. Buna göre katı formda olan kütleler genellikle konveyör sistemleri ile taşınırlar [24].

Kütle yükler katı formda, bir malzemenin veya birden çok malzemenin karışımı şeklinde olabilen, konveyör sistemlerine yüklenebilecek ve taşınması yapılabilecek akışkanlığa uygun parçacık boyutlarına sahip olan materyallerdir. Taşıma sistemine malzemelerin etkilerinin incelenmesi açısından taşınacak yüklerin sahip oldukları özelliklerin incelenmesi gerekmektedir. Şekil 2.20'de Afrika'nın

kuzeybatısında, Fas Batı Sahra Çölünde bulunan Bou Craa fosfat endüstrisi tarafından kullanılmakta olan dünyanın en uzun konveyör bantlarından sayılan hattın uydudan görüntüsü verilmiştir. Çelik bir galeriden taşıma yapılmasına rağmen fosfat kayasının kolay tozlaşabilme özelliğinden dolayı kuzeyden esen rüzgârların etkisi ile bant sisteminden çevreye dağılan tozların ve döküntülerin oluşturduğu görüntü uydudan mesafelerinden dahi görülebilmektedir.



Şekil 2.20. Bou Craa fosfat tesisleri bantları uydudan görünümü

#### 2.2.1.1. Yüklerin özellikleri

Taşınacak yüklerin özellikleri banlı konveyör tasarımında ve seçiminde önemli rol oynamaktadır. Dökme yüklerin sahip olduğu özellikleri Çizelge 2.6.'da belirtildiği gibi listelenebilir. Bu özelliklerin konveyör sistemi ile etkileşime girme seviyesine gelmesi bazı şartlara bağlıdır. Bundan dolayı tasarım kriterlerinin malzemelerin sahip olduğu fiziksel, kimyasal, mekanik özellikleri gözetilerek uygulanması gerekmektedir, bunun yanında yükün taşıma işlemi boyunca tozlaşma olmadan, döküntüye müsaade edilmeden belirli sınırlar dahilinde transferinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı taşınacak malzemelerin özellikleri bilinmeli, bu doğrultuda tedbirler alınmalıdır [25].



Çizelge 2.6. Taşıma yapılan malzemelerin karakteristik özellikleri

Ozellik	Nitelikler
Kimyasal	Asidik, alkali, korozif, patlayıcı, zehirli, kokulu, uçucu, oksitleyici
Fiziksel	Sertlik, yoğunluk, özgül çekim, sıkıştırılabilirlik, elastisite, yumuşaklık, gözeneklilik, geçirgenlik
Mekanik	Abrasif (Aşındırıcı), kaygan, yapışkan, pürüzlü, gevrek, yuvarlanma açısı, yığılma açısı, basınç, higroskopi
Elektriksel	İletkenlik, direnç, manyetizma, radyoaktivite, statik elektriklenme
Termal	Isıl iletkenlik, genleşme katsayısı, özgül ısı, hal değişimi noktaları ve özgül ısıları
Süreklilik	Omür, yorulma
Hacimsel	Toz, macun, granül, karışık form
Boyutsal	Uzunluk, genişlik, yükseklik, çap, kesit alanı, yüzey alanı, hacim
Kütlesel	Ağırlık

Dökme yükleri meydana getiren parçacıkların boyutu “mm” birimi ile ifade edilir. Parçacıkların boyutlarına göre sınıflandırması Çizelge 2.7.’de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Dökme malların parça boyutları

Malzeme Cinsi	Parça Büyüklüğü, $a$ [mm]
İri parçalı	> 160
Orta parçalı	60 – 160
Küçük parçalı	10 – 60
Taneli	0.5 – 10
Tozlu	< 0.5

Dökme malzemenin birim hacimdeki ağırlığı ise yoğunluğunu ifade etmektedir [25]. Yoğunluk dökme yüklerin sıkıştırılabilirlik özelliklerine göre değişebilmektedir. Çizelge 2.8.’de bazı dökme yüklerin yoğunluklarına göre gruplandırılması gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Dökme malların yığın yoğunluğuna göre gruplandırılması

Tanım	Yığılma özgül ağırlık [ $t/m^3$ ]	Örnek
Hafif	< 0.6	Ağaç talaşı, Turba, Kok
Orta ağır	0.6 – 1.1	Buğday, Taşkömürü, Cüruf
Ağır	1.0 – 2.0	Kum, Kireç taşı
Çok ağır	> 2.0	Demir cevheri, Kurşun cevheri

Dökme yükün aşındırma etkisi, parçacıkların temas halinde olduğu veya bulduğu taşıma elemanları yüzeylerini aşındırmasını ifade eder. Aşındırma şiddeti taşınan dökme yükteki parçacıkların sertliğine, şekilsel ve boyutsal özelliklerine bağlıdır. Dökme yükleri, aşındırma etkisine göre (A, B, C, D) olmak üzere dört kategoride gruplandırılabilir [25]. Burada A- aşındırıcı olmayan, B- az aşındırıcı, C- orta derecede aşındırıcı, D- kuvvetli aşındırıcı olarak ifade edilmektedir. Dökme yüklerin aşındırma özellikleri Çizelge 2.9.'da görülmektedir.

Çizelge 2.9. Bazı dökme yüklerin aşındırma özellikleri

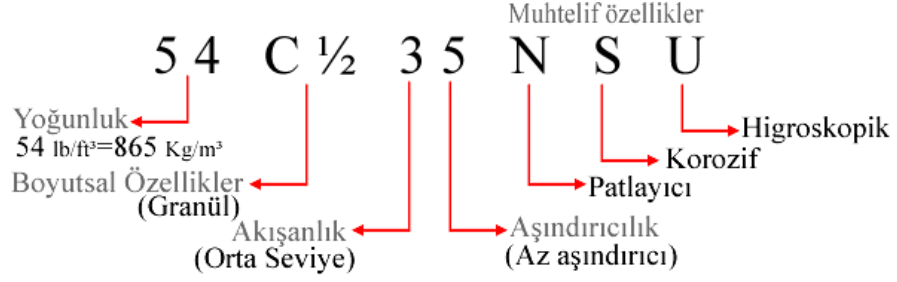
Malzemeler	Aşındırma Grubu	Yoğunluk <sup>3</sup> [t/m <sup>3</sup> ]	Şev açısı [Derece]	Sürtünme Katsayısı $\mu_{st}$
Buğday unu	A	0.45 – 0.66	50 – 55	0.65
Kireç taşı (küçük parçalı)	B	1.2 – 1.5	40 – 45	0.56
Kuru kum	C	1.4 – 1.65	30 – 35	0.80
Kuru kül	D	0.4 – 0.6	40 – 50	0.84

Dökme malzemelerin kimyasal bileşimi ve özellikleri yükün bantlı konveyörde taşınması sürecinde sistemle etkileşime girmesine neden olmaktadır. Metal malzemeler için en önemli kimyasal etkilerden biri de korozyondur; bu etki bir metalden diğerine, aynı metalin yüzeyinden bir noktadan diğer bir noktaya geçen galvanik akımlarından kaynaklanır [26]. Su ve oksijenin olduğu ortamlarda metal malzemeler üzerinde ıslak elektrokimyasal korozyon etkileri görülmektedir.

Higroskopik malzemeler kolayca rutubet çeken ve tutan maddelerdir [27]. Taşınan malzemenin higroskopik özelliklere sahip olması taşıma esnasında partikül kalıntılarının ortamdaki nemi bünyesine almasına neden olmaktadır.

Amerikan konveyör ekipmanları üreticileri cemiyeti dökme malzemelerin sınıflandırılması ve özellikleri doğrultusunda sınıflandırılması amacıyla CEMA 550 standardı bulunmaktadır. Malzemelerin sahip olduğu boyutsal, akışsal, aşındırıcılık, tehlike etkileri gibi bir çok özellikleri için özel kodlar belirlenmiştir [28].

Örneğin bu standarda göre dökme taşınan amonyum nitrat gübresi 54C½35NSU kodu ile tanımlanmaktadır. Şekil 2.21.'de bu kodlama sisteminin açılımını tarif edilmektedir.



Şekil 2.21. Amonyum nitrat için CEMA 550 kodlama sistemi gösterimi

## 2.2.2. Harici Kaynaklar

Kirletilmemiş atmosfer içinde, nem ve oksijen haricinde korozyona neden olacak başka bir bileşen bulunmaz. Atmosferik nem, yağış etkisi, buharlaşma etkileri ve havada gaz formda bulunan su zerrecikleri şeklinde bulunmaktadır. Atmosferik nem metal yüzeyi üzerinde ince bir elektrolit film tabakası oluşturarak korozyon reaksiyonlarının oluşmasına neden olan ortamı meydana getirir [29].



Şekil 2.22. Atmosferik kirleticilerin genel mekanizmaları

Havadaki nem miktarı atmosferin korozifliğini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. İlke olarak, bağıl nemin % 100'e ulaşmadığı durumlarda,

atmosferik korozyonun hissedilir ölçüde oluşmayacağı varsayılmaktadır. Ancak bağıl nem miktarı sıcaklığın azalmasıyla artmaktadır. Ayrıca havanın higroskopik özelliğe sahip katı parçacıklarla yüklü olması, korozyon için gerekli olan su yoğuşmasının daha düşük nem miktarlarında oluşmasına yol açmaktadır. Atmosferik korozyonu önleyebilmek için, bağıl nemliliğin % 50-70'in altında tutulması gereği ortaya çıkmaktadır.

Atmosferik nemin oluşturduğu elektrolit tabakasının korozifliğini önemli ölçüde etkileyen maddeler daha çok bu elektrolit içinde çözünen kirletici gazlar ve partikül maddelerdir. Bu maddelerin hava içindeki miktarları değişebilmektedir. SO<sub>x</sub> (kükürtoksit) ve NO<sub>x</sub> (azotoksit) gibi kentsel atmosferik ortamda çok yüksek oranlara ulaşabilen kirleticiler metaller üzerine; gaz şeklini içeren “Kuru Çökme Mekanizması” ya da asidik şeklini içeren “Islak Çökme Mekanizması” ile ulaşır ve bir katalizör gibi, korozyon aşamasını hızlandırır. Atmosferik kirliliğin olduğu ortamlarda bulunan partikül maddeler de, metaller üzerinde korozyon etkisine sahiptir. Kuru havada partiküllere karşı dayanıklı olan metaller, nemli koşullarda aynı dayanım gücüne sahip değildir. Partiküllerin çevresinde su buharı yoğunlaşır ve bunların içinde SO<sub>x</sub> (kükürtoksit) ve NO<sub>x</sub> (azotoksit) gazları çözünerek, korozyon işlemi hızlanır. Bu nedenle atmosferik kirliliğin yüksek olduğu endüstriyel ortamlarda, korozyonun daha fazla olduğu görülür [29].

Atmosferin korozyon etkinliğini belirleyen doğal koşullar, sıcaklık, rüzgar yönü ve hızı, yağışlar ve güneş ışığıdır. Atmosferik korozyon hızında en önemli unsur, metal üzerinde oluşan elektrolit tabakasının yüzeyde kalış süresidir. Bu süreyi belirleyen faktör ise sıcaklıktır. Sıcaklık düşük olduğu sürece metal yüzeyindeki elektrolit tabakasının kuruması gecikeceğinden korozyon devam edecektir.

### 2.2.3. Hatalı uygulamalar

Tam ekipman ve döküntü kontrolü sağlanamayan bantlı konveyörlerin işletilmesinde ekipman duruşunda sistemin tümünün temizlik amaçlı yıkanması, bant kaymasını önlemek için tamburlara toz ve talaş serpmek gibi haricen kirletici

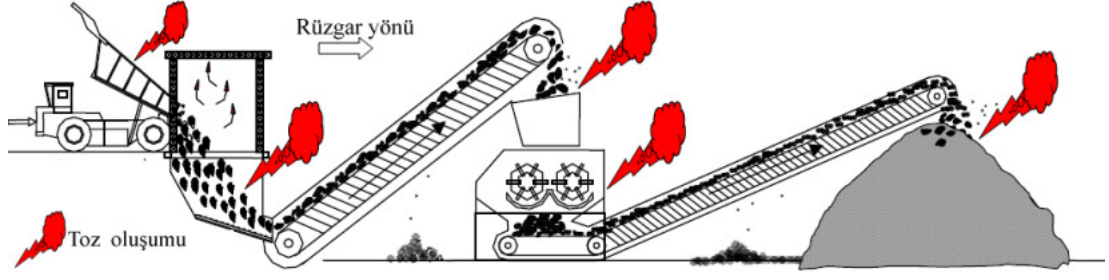
faktörlerin sisteme girişi olmaktadır. Bu tür uygulamalar toz ve döküntü kaynağı olarak kabul edilirler.

### 2.3. TOZ VE DÖKÜNTÜ OLUŞMA MEKANİZMALARI

Toz ve döküntü kontrol edilemediği takdirde bantlı konveyör sisteminde değişik mertebelerde ortaya çıkmaktadır. Toz ve döküntü oluşma mekanizmaları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir [19].

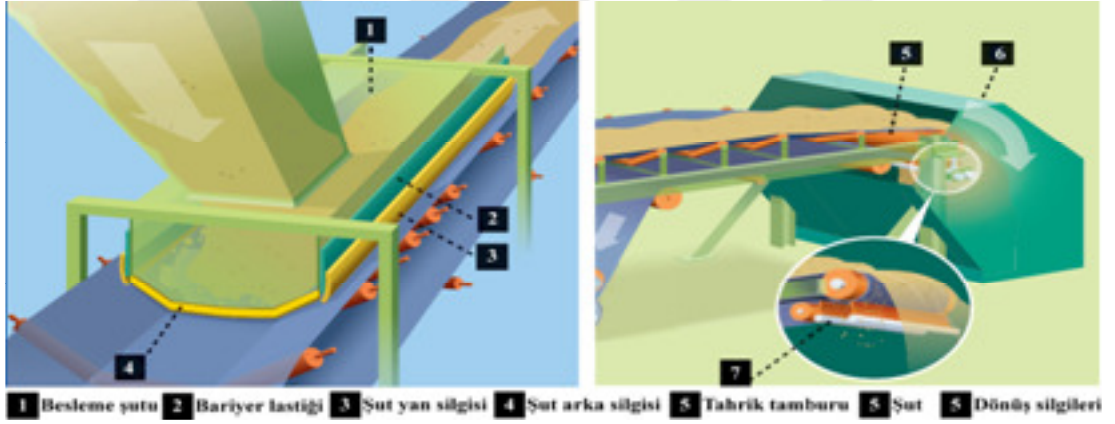
- a) Yükleme esnasında dökülme etkisi ile tozlaşma meydana gelmesi, bu tozların sistemin üzerine çökmesi.
- b) Yükleme esnasında besleme şutundan banta geçişte sızdırmazlığın sağlanamaması bu noktada döküntülerin oluşması.
- c) Bant kayması ve ayarsız çalışması neticesinde yükün dökülmesi.
- d) Yükün boşaltılması esnasında tahrik tamburu dönüşünde bant vibrasyonu etkisi ile tozlaşma ve yapışma etkilerinin geri dönen bantla taşınması.
- e) Doğru bant açısının ve hızının olmamasından dolayı taşıma esnasında tozlaşma ve döküntü meydana gelmesi.
- f) Dış ortam şartlarına karşı gerekli izolasyonun yapılmamış olması.
- g) Banda kapasitesinin üzerinde yükleme yapılması.
- h) Ekipmanlardan sisteme yağ ve bulaşıklarının yayılması.
- i) Bant ek yeri arızaları ve bant üzerindeki yırtık ve açıklıklardan döküntülerin meydana gelmesi
- j) Bant sıyırma ve temizlik sistemlerinin düzgün çalışmaması veya olmaması
- k) Banta dışarıdan nem alıcı, kaymayı önleyici kirleticiler bulandırılması.
- l) Periyodik kontrol ve ince temizlik yapılmaması.

Taşınan parçacıkların boyutları yükleme, boşaltma işlemleri ve taşıma işlemleri esnasında çarpışma ve diğer kuvvetlerin etkileri altında daha küçük boyutlara gelebilmektedir. Farklı boyutlardaki parçacıkların bant yüzeyinden tutunma kuvvetini yenebilecek açılı taşınma, dış ortam hava etkileri ve dökme işlemleri gerçekleştiği takdirde toz formunda olan partiküller bağımsız olarak sistemden ayrılabilmekte, tozlaşma oluşmaktadır [30]. Şekil 2.23.'te atmosfere açık olarak çalışan bir bantlı konveyörde tozlaşma oluşum şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 2.23. Bir açık saha yükleme boşaltma istasyonda tozlaşma oluşumu

Geri taşınma ise toz ve döküntü oluşumunun en önde gelen sebeplerinden biridir, tahrik tamburu itibari ile boşaltma noktasına dökme esnasında görülmeye başlar ve yük konveyörden ayrıldıktan sonra bant üzerinde kalan döküntü ve tozlaşmalarla birikimli bir hal alır. Sistemin sürekli çalıştığı kabul edildiği takdirde bu tür birikimlerin uzun zaman mertebesinde büyük miktarlarda birikimlere sebep olacağı görülmektedir [31]. Şekil 2.24.'te besleme ve boşaltma noktalarında başarılı toz ve döküntü kontrolüne örnekler gösterilmiştir.



Şekil 2.24. Başarılı bir toz ve döküntü kontrolü örneği

Toz ve döküntülerin deneysel olarak bu iş için özel olarak geliştirilen bir toplama sistemi ile laboratuvar ortamında yapılması mümkündür. Bu sistem “Stahura” geri taşınma ölçeri olarak adlandırılır ve bantın yüzeyinden üç kademeli hassas bir sıyırma işlemi ile toz ve döküntüleri toplamaktadır. Belirli bir süre zarfında ölçülen miktarlar üzerinden temizlik sistemleri ve maliyet analizleri daha isabetli yapılabilmektedir [31].

## 2.4. TOZ VE DÖKÜNTÜNÜN BANTLI KONVEYÖRE ETKİLERİ

Toz ve döküntü için en fazla temas; yükü sonsuz taşıyan konveyör bant lastiği yüzeylerinde oluşmakta, bant üzerinden ara taşıyıcı sistemlere bulaşma olmakta ve buradan da tüm aksamlara yayılma olmaktadır. Sürekli çalışan sistemlerde bulaşma birikimli kirlilik formlarına dönüşmekte ve olumsuz etkilere sebep olmaktadır [32], Aşağıda birikim oluşan aksamlar ve bölgeler listelenmiştir.

- a) Bant üzerine yapışma ve birikim
- b) Rulo ve taşıyıcılarında tabakalaşma ve birikim
- c) Tambur üzerine kaplanma ve birikim
- d) Çelik aksamlar ve bağlantıları üzerinde birikim
- e) Servis ve çalışma platformlarında birikim
- f) Algılama, kontrol, kumanda, aydınlatma sistemlerinde birikim
- g) Diğer aksamlarda ve kısımlarda birikim

Her aksamın kirlilik etmenleri ile farklı etkileşim mekanizmaları olmaktadır. Kimi aksamlar dönme hareketi yaparken, kimi aksamlar sabit olarak işlev görmektedir. Her ne kadar ekipmanların tasarımında tozlara, gazlara ve etkilerine karşı sızdırmazlık ve koruma işlemleri ön görülse de malzemelerin mekanik etkilere karşı bir dayanım sınırları bulunmaktadır.

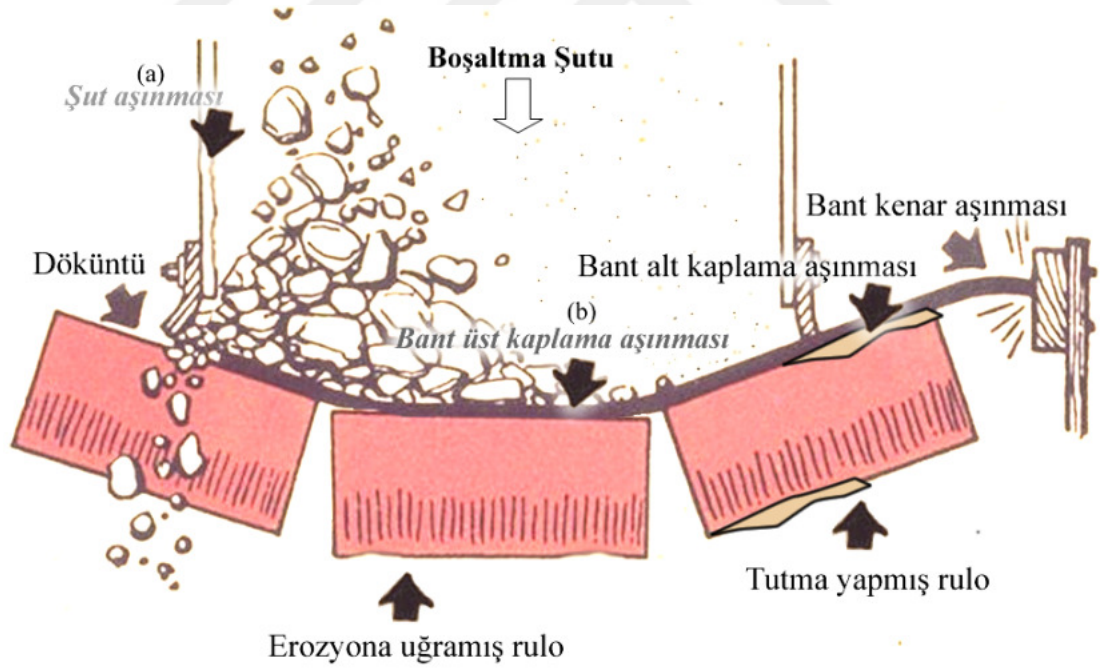
### 2.4.1. Aşınma

DIN 50320 'ye göre; "Aşınma, teknik anlamda cisimlerin yüzeylerinde, mekanik bir sebep veya mekanik bir enerji verilmesi sonucu ufak parçacıkların kopup ayrılması ile istenmeyen bir değişiklik meydana gelmesidir [33].

Konveyör bant aksamlarında aşınma normal koşullar altında sonsuz dönen bant etkisi altında kaçınılmazdır, fakat toz ve döküntü sisteme yayıldığı zaman aşınmanın mertebesi de artacaktır. Toz ve döküntüler aynı zamanda tamburlar, rulolar ve aksamlar üzerinde birikim yaparak temas yüzeyini daha pürüzlü bir hale getirerek aşındırma etkisini artırır.

Lastik bantlar kauçuk malzemelerden imaldirler ve çelik malzemelerden sertlik mertebeleri daha yüksektir. Sert malzemeler kendilerinden daha az sert olan malzemeleri aşındırabildiklerinden lastik bantlar konveyörlerde çelikten imal ruloları ve tamburları mekanik bir etki ile aşındırmaktadır. Aşınma etkisi ile yüzey profilinde bozulmalar meydana gelen bu aksamlar ise bir süre keskin kısımları ile bantı aşındırılabilir. Aşındırılabilir.

Aşınma sadece toz ve döküntü emisyonları kaynaklı olmayabilir fakat sistem etkileri aşındırdıkları yüzey ile devam edebilir. Besleme ve yükleme şutlarından banta yüklenen malzemelerin düşme açıları, yükün kompozisyonuna göre banta temas esnasında şok kuvvetleri ile aşındırma etkisi yapmaktadır. Bu durum aynı zamanda çelik şut üzerinde de aşınmalara neden olarak hasarlara sebep olmaktadır [34]. Şekil 2.25.'te toz ve döküntünün bir akış şutunda meydana gelmesi ve olası etkileri gösterilmektedir.



Şekil 2.25. Toz ve döküntünün aşınma etkileri

Aşınmaya en çok bant ve bantı taşıyan rulolar maruz kalırlar, rulolar aşındıkça cidar kalınlıkları erozyona uğramaya başlar ve işlevlerini yitirirler. Bantlar



aşındıkça ise yüzey kaplamaları ayrılmaya başlar ve kord bezleri açığa çıkmaya başlar, bu durum çekme kuvvetlerine karşı bantın direnci azalır ve bantın kopmasına dahi neden olabilir.

Aşınma sonucu oluşan etkiler ekipmanların ömürlerini belirlemektedir. Çizelge 2.10.'da farklı aşınma etkilerine göre bantlı konveyör aksamalarının emniyetli çalışabilecekleri ortalama süreler verilmiştir [35]. Buna göre bant ve doğrudan temas halinde olduğu aksamalar aşınma neticesinde diğer aksamalara göre işletme ömürleri daha kısadır ve daha sık yenilenmeleri gerekmektedir.

Çizelge 2.10. Aşınma etkilerine göre bant aksamalarının ömürleri.

Aksamalar	Ömür (yıl)			
	Az Aşınma	Orta Aşınma	Çok Aşınma	Yüksek Aşınma
Bant	5.00	4.00	3.0	2.00
Üst rulolar	3.00	2.50	2.0	1.16
Geri dönüş ruloları	3.00	2.50	2.0	1.16
Talırlık tamburu	7.00	6.00	5.0	4.00
Gergi tamburu	7.00	6.00	5.0	4.00
Talırlık yatakları	7.00	6.00	5.0	4.00
Gergi yatakları	7.00	6.00	5.0	4.00
Dişli kutusu	>8.00	>7.00	>6.0	>5.00
Motor	>8.00	>7.00	>6.0	>5.00
Kaplin-	6.00	6.00	6.0	>5.00
Kasnak	6.00	6.00	6.0	>5.00
Kayış	2.16	1.83	1.5	1.00
Celik aksamalar	10.00	10.00	10.0	10.00

#### 2.4.2. Korozyon

Taşınan yüklerin bünyesinde bulunan korozif bileşenler, ortam şartları, atmosferik koşullar korozyon mekanizmalarını harekete geçirmektedir. Korozyon aynı zamanda aşınma mekanizmasını hızlandıran bir faktördür. Korozyonun şiddeti ise korozyona maruz kalan malzemelerin korozyon direnci doğrultusunda etkisini göstermektedir. Konveyör bantlar elastomer malzeme sınıfında olduklarından korozyon dayanımları metal malzemelere göre yüksektir, korozyon faktörlerini tüm sisteme taşıyabildikleri için ise metal aksamalar için risk yaratmaktadırlar.

Korozyondan en çok rulolar etkilenmektedir. Rulolar genelde metalik malzemelerden imal edilirler ve bilyalı çelik rulmanlar içerirler. Her ne kadar korozyona karşı yüzeyler boya korumasına ve rulmanlar sızdırmazlık özelliklere sahip olsa da nem, toz ve döküntü kaynaklı korozyon şartlarına dayanım süreleri sınırlıdır [36]. Şekil 2.26.'da korozyon nedeni ile meydana gelen bir rulo rulman arızası görülmektedir.

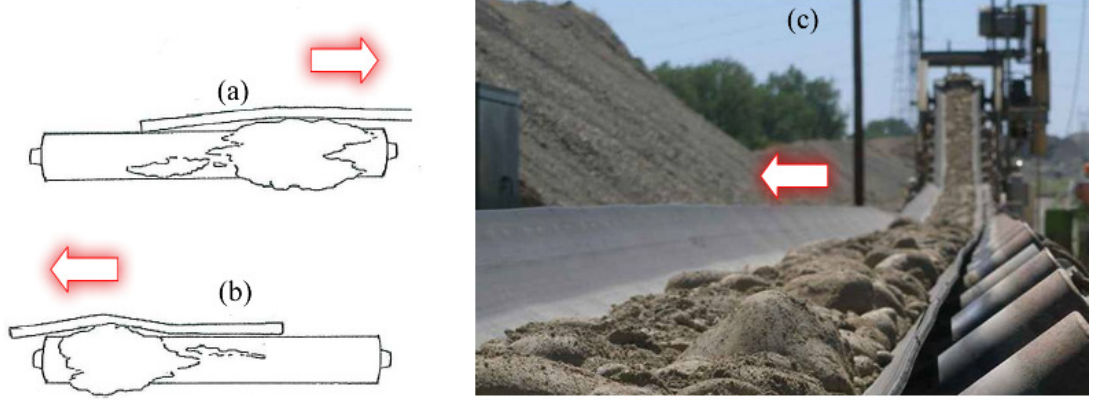


Şekil 2.26. Korozyona uğramış hasarlı bir rulo rulmanı

#### 2.4.3. Bant ayarsızlığı

Bant kayması olarak da tabir edilen bant ayarsızlığı bantın taşıma ekseninden saparak kontrolsüz çalışmasıdır. Toz ve döküntüler tahrik tamburunda ve rulolarda birikim yaptığı durumlarda bantın kayması daha da kolaylaşmaktadır. Bant ayarsızlığına başka faktörler de sebep olabilir, sonuç olarak bant kaydığı takdirde çok miktarda döküntü meydana gelme ihtimali vardır [37].

Tambur ve rulo üzerine toz ve döküntü etkisi altında meydana gelen yapışmalar birikimli bir tabaka oluşturduğu takdirde, bantın ekseninde birikimli tarafa doğru bir sapma olmaktadır. Bu bölgede banta etki kuvvet dağılımı değişeceği için çekme kuvveti bu yöne doğru olmaktadır [38]. Bu durum Şekil 2.27.'de (a) ve (b) birikim yönlerinde gösterilmiştir, aynı durumun gerçek bir örneği ise (c) resminde görülmektedir, bant işaretli bölgedeki eksen kaçıklığı etkisi ile sola kaymıştır.



Şekil 2.27. Toz ve döküntü etkisi altında kalan ruloların bant kaymasına etkisi

#### 2.4.4. Diğer Arızalar ve Ekipman Duruşları

Tozlaşma kontrol altına alınmadığı takdirde bir süre sonra çalışma ortamı toza maruz kalmakta, çöken tozlar mekanik ve elektriksel aksamaların üzerine kaplamaktadır. Özellikle bu durum elektrik motorlarının soğutma kanallarında birikimler nedeniyle ısı transferinin bozulmasına, ek kutuları, aydınlatma armatürleri ve korumasız panolarda kısa devrelere, emniyet algılama sistemlerinde temassızlığa ve arızalara neden olabilmektedir [39].

Bant kayması, bant patinajı gibi durumlarda ise tahrik sistemi aşırı yüke girmekte ve koruma mekanizmaları yok ise ekipman veya bandın kendisi hasar görebilmektedir. Bant ayarsızlığı, tamburların ruloların aşırı malzeme tutması yapması, yükleme esnasındaki şoklar gibi nedenlerden dolayı bant ek yeri hasarları meydana gelebilmektedir. Sonuç olarak tüm ekipman arızaları bakım işlemleri gerektirmekte ve bunların büyük bir kısmı ekipmanın duruyor olmasını gerektirmektedir. İster temizlik amaçlı ister bakım amaçlı olsun ekipmanın duruşu konveyörün boşaltılması ve elektrik enerjisinin alınması gibi prosedürler gerektirebileceğinden büyük zaman kayıplarına yol açabilmektedir. Şekil 2.28. ‘de geri taşınım sonucu üzerine toz ve döküntü alarak çamur tabakası kaplanan bir rulonun bant ayarsızlığına neden olmasından dolayı ekipmanın temizlik için durdurulması gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Geri taşınım etkisi ile birikim yapan rulo [40]

#### 2.4.5. Sağlık, Emniyet ve Çevre Riskleri

Toz ve döküntüler konveyör ve çevresinde birikimli bir kirlilik yaratmaktadır, bu tür durumlar temizlik işlemlerine ihtiyacı doğurmaktadır. Çizelge 2.11’de görüldüğü üzere gerçekleşen iş kazalarının %46’sı temizlik işlemlerinde meydana gelmektedir [18]. Temizlik operasyonları genel olarak kalifiye olmayan işçilikler tercih edilerek ve riskli bölgelerde yapıldığı için iş kazalarında payı yüksek olmaktadır.

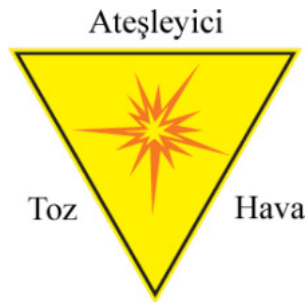
Çizelge 2.11. Bantlı konveyörlerde yaşanan iş kazalarının yapılan işlere göre oranları

İşlem	İş Kazası Oranları (%)
Rulo, tambur, aksam temizliği	24
Temizlik harici bakım işlemleri	20
Konveyör çevresinde rutin çalışmalar	11
Toz ve manyetik filtrelerde tutulan artıkların temizliği	9
Konveyör altı döküntü temizliği	7
Konveyör çevresinde yapılan bakım işlemleri	6
Bant ve sıyırıcı sistemlerin temizliği	5
Gerdirme işlemleri, bant ayarı işlemleri	4
Diğer işlemler (Kontrol, takip vb.)	4
Buzlanma, donma gibi etkilerin ortadan kaldırılması	1
Diğer belirlenemeyen etkiler	9

Tozlaşma çalışan sağlığı ve güvenliği açısından önemli bir risk etmenidir. Tozların servis yollarında, çalışma platformlarında görüşü azaltma, havada asılı şekliyle solunumu zorlaştırma gibi etkileri vardır. Bu tür durumların önüne kişisel koruyucu donanımlarla geçilebilse de çalışma şartları açısından şartlar daha zor hale gelmektedir. Bundan dolayı toz problemini kaynağında ortadan kaldırmak amacıyla toz toplama sistemleri geliştirilmiştir [41]. Bunların yanında döküntüler çalışma platformlarında birikim yaptıkları takdirde kaymaya ve düşme tehlikelerine de neden olabilmektedir.

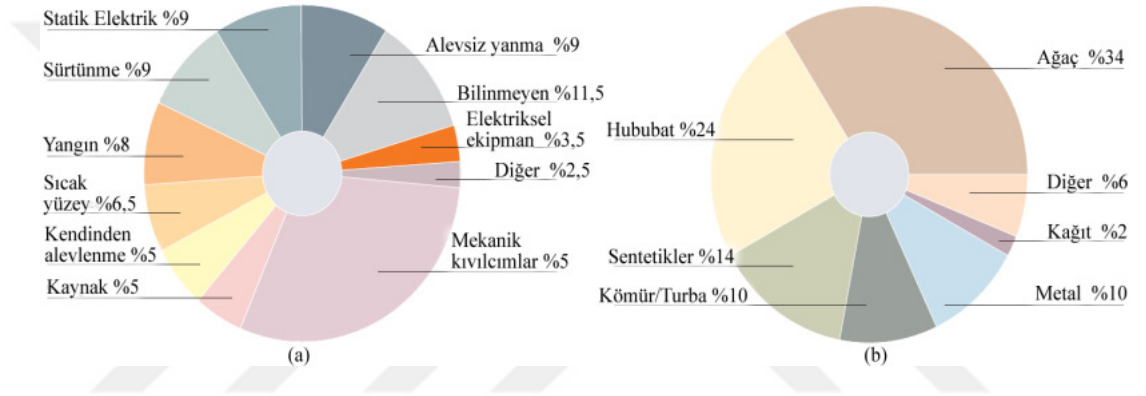
Toz ve döküntü oluşumu kontrol edilemez ise çeşitli yollarla çevreye yayılabilmektedir. Çevre ile etkileşime giren malzemenin kimyasal özellikleri ve miktarı yasal olarak izin verilen sınırların üstünde olması gibi durumlar neticesinde çevresel zararlar söz konusudur. Ülkemizde sanayi kaynaklı hava kirliliğinin önlenmesi yönetmeliğinde konveyör bantların boşaltma noktalarında toz kontrolünün sağlanması için bu bölgelerin kapalı olması gerektiği belirtilmiştir [42]. Kuruluşlar ulusal ve uluslar arası mevzuatlara uygun olarak kirliliğin kaynağında kontrolü ve azaltılması adına ISO 14001 çevre yönetim sistemleri gibi programlar da uygulayabilmektedir.

Yanıcı ve patlayıcı özellikleri bulunan tozlar, atmosferik şartlarda veya diğer oksitleyici ortamda Şekil 2.29.'da belirtilen patlama üçgeni gereklerini sağladıklarında belirli bir enerjiye ulaşarak yangın veya patlama riski oluşturur. Gıda, kömür, polimer malzemeler, kimyevi maddeler, ilaç ve metal tozlarının patlama özellikleri olduğu bilinmektedir. [43].



Şekil 2.29. Toz patlama üçgeni

Toz patlaması; havada askıda kalan toz parçacıklarının atmosferdeki oksijenle çok şiddetli reaksiyona girmesi şeklinde gelişen kimyasal bir patlama olayıdır. Toz patlaması mekanizması, gaz veya buhar bulutu patlamasına benzer özellikler gösterir. Belirli hacimdeki yanıcı karışım ateşlendiğinde, ortam basıncında hızlı artış ve bulut içinde hareketli ateş görülür. Yanıcı malzemenin hava ortamında yanıcı bulut oluşturması ve içindeki alevin yayılmasıyla oluşan patlamanın şiddeti, ortamdaki oksijen ve yanıcı malzeme yoğunluğuna bağlıdır [44]. Şekil 2.30.'da toz patlamasını tetikleyen ateşleyici unsurların yüzde olarak dağılımı ve toz patlamasına neden olan toz kaynaklarının yüzde dağılımları verilmiştir.



Şekil 2.30. (a) Toz patlaması ateşleyici unsurları, (b) toz patlamasına neden olan toz kaynakları yüzde dağılımları.

#### 2.4.6. İşletme Maliyetleri

Bantlı konveyörlerin işletme maliyeti bir ton yükü ne kadar masraf ile transfer edebildiği ile ifade edilmektedir. Ekonomik bir taşıma için maliyetlerin en düşük seviyede olması istenmektedir. İşletme maliyetleri genel olarak ilk yatırım, enerji tüketimi, yükleme-boşaltma işçilikleri, temizlik, bakım gibi kalemlerden oluşmaktadır. Çizelge 2.12.'de İsveç'te 40 üzerinde işletme ve 1000 üzerinde konveyör bant üzerinde yapılan bir çalışmada bantlı konveyörlerdeki döküntülerin temizliği için taşınan ton başına belirlenen temizlik işçiliği süreleri gösterilmektedir [45]. Burada belirleyici olan unsur yükün özellikleri ve döküntülerin temizlenebilme potansiyelidir.

Çizelge 2.12. Bantlı konveyör ton başına işçilik temizlik süreleri gösterir tablo

Bantlı konveyör yükü	Temizlik işçiliği (Saat/Ton )
Maden , Sinter	0,0025
İzabe	0,013
Kömür	0,026
Kok	0,03
Çimento	0,024
Küspe	0,006
Kimyevi gübre	0,011

Bu çizelgeye göre yılda 100.000 Ton çimento taşıyan bir bantlı konveyörün 600 Saat temizlik işçiliği doğmaktadır. Bu da ortalama bir çalışanın 3 ay boyunca işverene olan işçilik maliyetine tekabül etmektedir. Toz ve döküntü doğrudan temizlik işçiliği giderlerine yol açmaktadır. Fakat dolaylı olarak arıza ve bant duruşuna sebep olmakta ve bakım maliyetleri oluşmaktadır. Arızalanan ekipmanların bakımlarının yapılması ve sistemin tekrar faal hale getirilmesi bir maliyet oluşturmaktadır, bakım gereksinimlerini karşılayacak yedek parçaların stoklanması, bakım işçiliğini gerçekleştiren ekiplerin işçiliği bu maliyetlere örnek teşkil etmektedir. Bu anlamda bantlı konveyörlerde toz ve döküntülerin maliyetlerini Şekil 2.31.'de ifade edildiği gibi buzdağının görünen ve görünmeyen kısımlarında tasvir etmek mümkündür. Görüldüğü üzere temiz konveyörün sağlanmaması çok daha büyük maliyetlere yol açabilmektedir.



Şekil 2.31. Bantlı konveyör toz ve döküntü maliyetlerinin buzdağı modeli

Örnek bir çalışmada konusunda uzman bir firma A.B.D. 'de 865 MW kapasitede bir kömür santralinin 1000 ton/saat kapasiteli bantlı konveyör sistemlerinde besleme şutunda iyileştirmeler ve yenilemeler yaparak kömür döküntülerini bu noktada %98 oranında azaltmış işletmeye yıllık 100.000 \$ maliyet düşümü sağlamıştır [46].

## 2.5. KONVEYÖR BANT TEMİZLİK SİSTEMLERİ

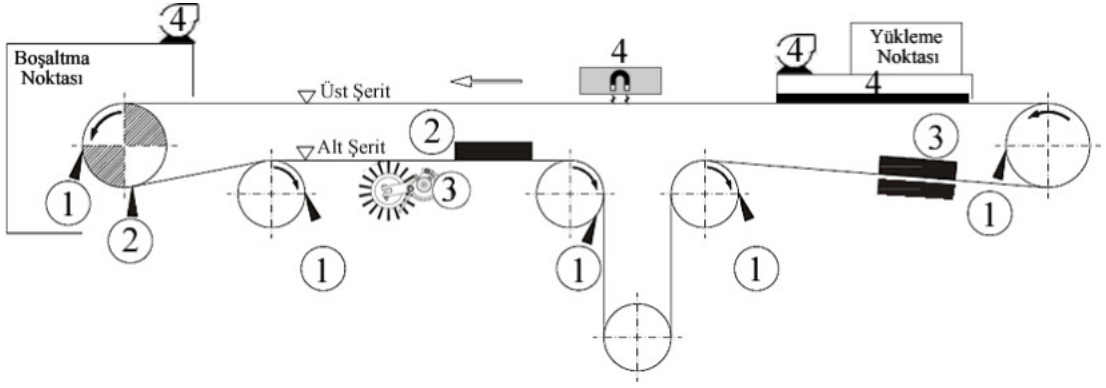
Bantlı konveyörlerde toz ve döküntü bant üzerine yapışma, geri taşınım ile tozlaşma, besleme şutundan dökülme gibi birçok şekilde kendini gösterebilmektedir. En büyük bulaşma bant üzerinde olduğu için birçok temizlik sistemi lastik bantın yüzeylerini temizlemek üzere geliştirilmişlerdir [47].

Bantın haricinde tambur yüzeylerinin temizlenmesi, kalkan tozların toplanması, bant üzerindeki yüklerden istenmeyen malzemelerin ayrılması için de temizlik sistemlerine gereksinim vardır. Temizlik sistemleri genel prensip olarak yapışan ve biriken malzemelerin yüzeyden bertaraf edilmesini sağlarlar, bu işlemler için birçok farklı metot uygulanabilmektedir.

Şekil 2.32.'de görüleceği üzere temizleyiciler bant boşaltma noktasından alt gruba dönüşe geçtiği aşamadan itibaren tercih edilmektedir. Tahrik tamburundan dönüşten itibaren bant üst şeridi ve alt şeridi farklı noktalarla farklı tekniklerle temizlenebilmektedir [48]. Genel olarak temizleme sistemleri aşağıda belirtilen şekilde dört grupta incelenebilir.

- (1) Birincil sıyırıcılar
- (2) İkincil sıyırıcılar
- (3) Özel temizleyiciler
- (4) Yardımcı sistemler





Şekil 2.32. Bant temizleme sistemlerinin bant üzerinde yerleşimi

Günümüzde bant temizleyicilerin kullanım yerleri ve tipleri bir çok sistemde Şekil 2.32. de gösterilen uygulamaya benzer şekilde tercih edilmektedir. Bir bantın toz ve döküntülerden arındırılması tek bir temizlik sistemi kullanılması ile mümkün değildir. Temizleyicilerin farklı noktalarda farklı tiplerde ve miktarlarda kullanılması gerekebilmektedir. Bundan dolayı bant özelliklerine en uygun temizleme yöntemi ve malzeme seçimi önemlidir.

En çok kullanılan temizleme metotlarından biri de sıyırmadır. Sıyırma bant veya tambur üzerine yapışan malzemelerin bir aparatla silinmesi üzerine kurulu bir yöntemdir. Şekil 2.33.'te görüleceği üzere sıyırma işlemleri farklı açılarda olabilmektedir [47].



Şekil 2.33. Bant sıyırıcılarının açılara göre gösterimi

Bant temizleyicileri seçimi; bant hızı, bant eni, bant boyu, taşıma kapasitesi, çalışma süresi, taşınan malzeme özellikleri, ortam şartları, toz ve döküntülerin oluşabilme miktarı gibi parametreler değerlendirilerek yapılmaktadır. Ayrıca bant ek

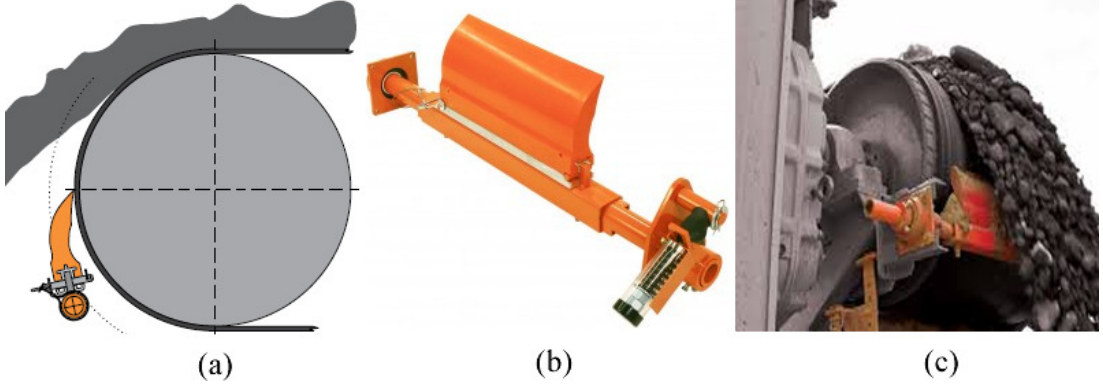
yerleri miktarı ve ek tipi temizleyici seçiminde önemli yer tutmaktadır. Ekler sürekli bant yüzeyinde buldukları noktalarda girinti çıkıntılar oluşturmakta ve yüzey davranışlarının o bölge için değişmesine neden olmaktadır [19].

CEMA 576 numaralı standardında ise temizlik sistemlerini sahip oldukları bant eni, bant hızı, bant ek yeri sayısı, yükün aşındırma özellikleri, yükün nemlilik derecesi özelliklerine göre verilen sayısal derecelendirmeler üzerinden 5 sınıfta incelenmektedir [49]. Örneğin bu standarda göre 1800 mm eninde 4,1 m/s hızda vulkanize ekli CEMA 550 koduna göre aşındırma derecesi 5 olan bir bantlı konveyör için sınıf 3 kategoride temizlik sistemleri önerilmektedir.

Temizlik sistemleri haricen sisteme sonradan entegre edilen parçalar olduklarından, bant üzerinde ilave bir basınç ve sürtünme kuvveti olarak etki oluşturarak güç tüketimini de bir miktar artırırlar, bant üzerine ilave bir aşınma etkisine neden olurlar. Bundan dolayı temizleyicilerin tasarım aşamasında sisteme dahil edilmesi etkin güç tüketimi ve başarılı bir temizlik işlemi için büyük önem taşımaktadır.

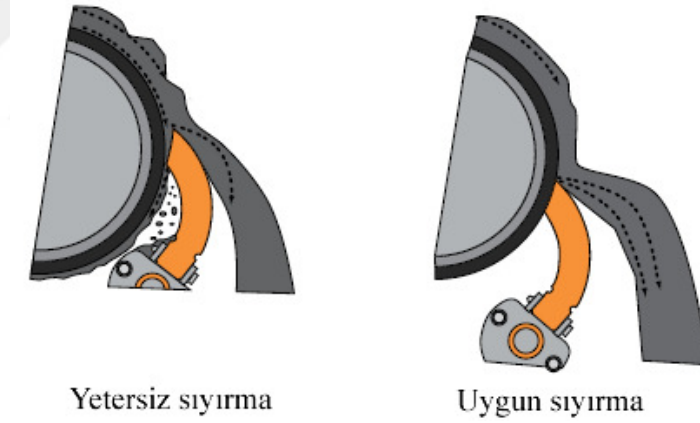
#### 2.5.1. Birincil ve İkincil Sıyırıcılar

Bir çok konveyör taşıdığı yükleri tahrik tamburu veya baş tambur olarak isimlendiren noktadan boşaltmaktadır. Bu noktada geri taşınım ve tozlaşma azami miktarda olduğundan birincil sıyırıcılar baş tambur bölgesinden dökme işlemi ile yükün banttan ayrıldığı bölgede bantın tamburla temas halinde olduğu noktada ilk sıyırma işlemini yapmaktadır. Birincil sıyırıcı seçimi ilk temizlik bölgesinde olduğundan başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından önemlidir, Şekil 2.33.'te birincil sıyırıcı yerleşimi, sıyırıcı şekli ve uygulama örneği gösterilmektedir.



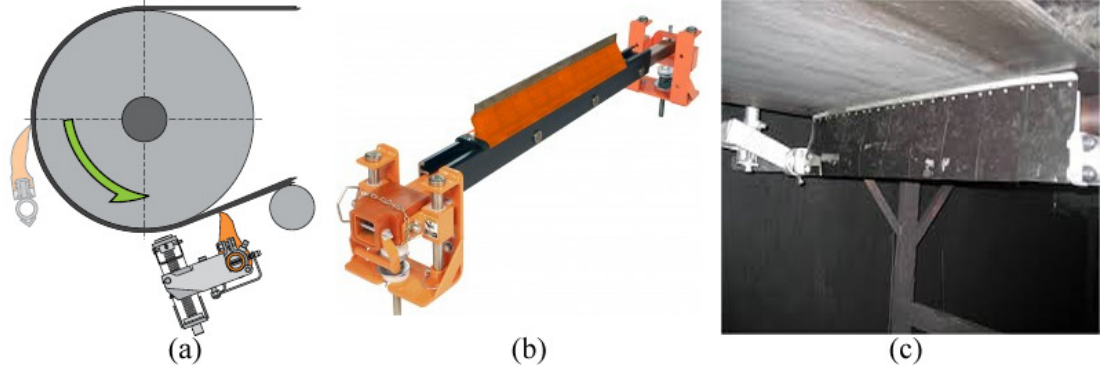
Şekil 2.34. Birincil sıyırıcı için; (a) yerleşimi (b) görünümü (c) uygulama örneği [19]

Sıyırma işleminde temas açısı ve yüzey temas şekli çok önemlidir. Bu açı uygun şekilde verilemez ise geri taşınım miktarı artacak, sıyırıcı parçası daha kısa sürede aşınarak yüzey profili bozulacaktır [50]. Şekil 2.35.'te yetersiz sıyırma ve uygun sıyırma şekilleri gösterilmektedir.



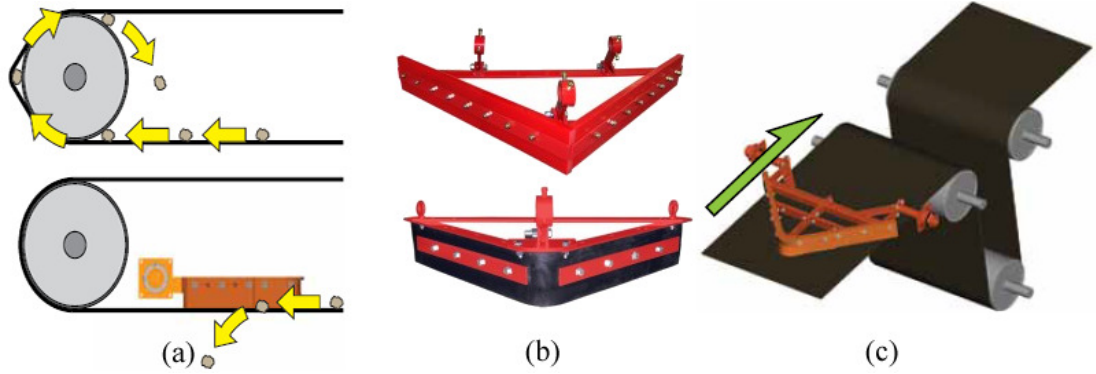
Şekil 2.35. Birincil sıyırıcı uygun çalışma şekli [19]

İkincil sıyırıcılar bantın dökme aşaması sonrası tambur dönüşü itibari ile kalan birikimleri daha hassas temizlemek üzerine geliştirilmişlerdir. Gergin olmayan banta temas olduğundan daha dar bir açı ile bant lastiğine daha fazla baskı yapılarak temizlik sağlanmaktadır, bantın temizleyiciyi aşındırma etkisinin fazla olmasından dolayı malzemeler sertlik mertebesi yüksek materyallerden tercih edilmektedir.



Şekil 2.36. İkincil sıyırıcı için; (a) yerleşimi (b) görünümü (c) uygulama örneği [19].

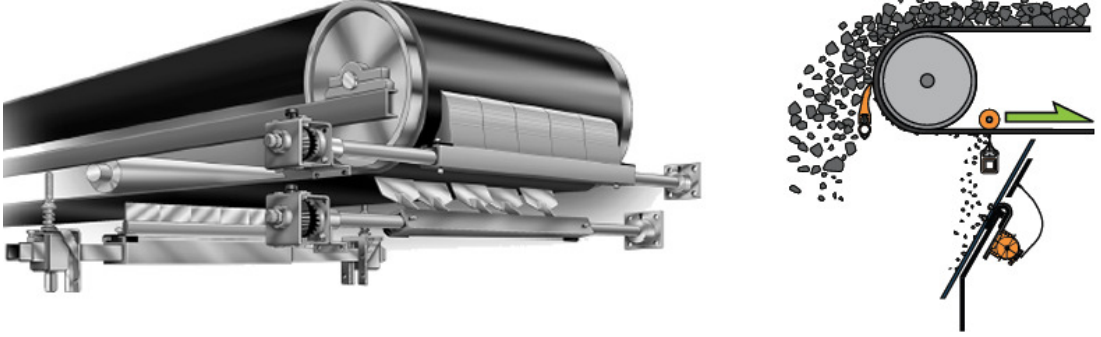
İç sıyırıcılar bantın arka şeridini temizlemek ve tamburları toz ve döküntü etkilerinden korumak için kullanılmaktadırlar. İç sıyırıcıların bantın üstündeki malzemeleri bant dışına aktarabilmek amacıyla üstten görünüş olarak “V” şeklinde bir yapısı vardır, genel olarak çelik taşıyıcı üzerine bağlantılı elastomer malzemelerden imal edilirler. Şekil 2.36’da iç sıyırıcıların yerleşimi, biçimi ve uygulama örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.37. İç sıyırıcı için; (a) yerleşimi ve işlevi (b) görünümü (c) uygulama örneği

Sıyırıcılar temizlik zincirinde birbirlerini tamamlayan bir işleve sahiptirler. Bundan dolayı birincil, ikincil ve iç sıyırıcıların bir bant sisteminde bir arada kullanılması gerekmektedir. Bir iç sıyırıcının kullanılmaması durumunda tambur tutma yaparak temizlik yüzey profilinin bozulmasına ve birincil sıyırıcının işlevini yerine getirmemesine sebep olabilecektir. İkincil sıyırıcının kullanılması birincil

sıyırıcının yükünü her seferinde artırarak sistemin kirlilikten etkilenmesini hızlandıracaktır. Şekil 2.38.'de bir sıyırıcıların bir arada kullanımı gösterilmektedir.

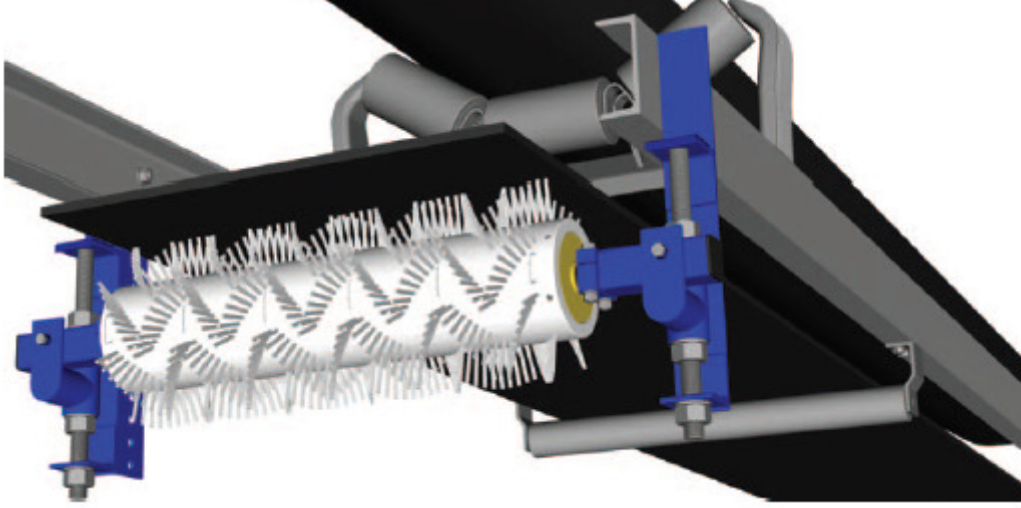


Şekil 2.38. Birincil ve ikincil sıyırıcıların bir arada kullanımı

### 2.5.2. Özel Temizleyiciler

Bantlarda sıyırıcıların haricinde kullanılan temizleyiciler genel olarak özel temizleyiciler olarak sınıflandırılabilirler. Bu temizleyiciler daha fazla temizlik gereksinimi olan işlemler için geliştirilmiş kompleks yapılara sahip mekanizmalardan oluşmaktadır.

Bant yük taşıma yüzeyinde yapışmanın ve tortulaşmanın fazla olduğu konveyörlerde fırçalı temizleyiciler kullanılabilir. Bir tahrik sistemi ile çevrimi yapılan makara üzerine bağlantılı fırçalar bulunmakta ve bant yüzeyini bu fırçalar bant çalışırken yapışan malzemelerden temizlemektedir. Fırçalı temizleyiciler fırça üzerinden bir itme kuvveti uygulayarak yapışan malzemeleri banttan ayrılmasına yardımcı olmaktadır. Sıyırıcılara göre avantajı darbe etkisinde birim zamanda bant üzerinde daha fazla yüzeye etki edebilmesidir. Dezavantajı ise bant yüzeyinde sürtünme etkileri daha fazla olması, durdurulduğu zaman bant ile temasının kesilmesi için ayrı bir aparat ve işlem gerektirmesidir. Fırçalar diğer temizlik sistemlerinde olduğu gibi bantın düz formda olduğu geri dönüş alt gruplarında kullanılmaktadır [47]. Şekil 2.39.'da fırçalı temizleme sistemine bir gösterim yapılmıştır.

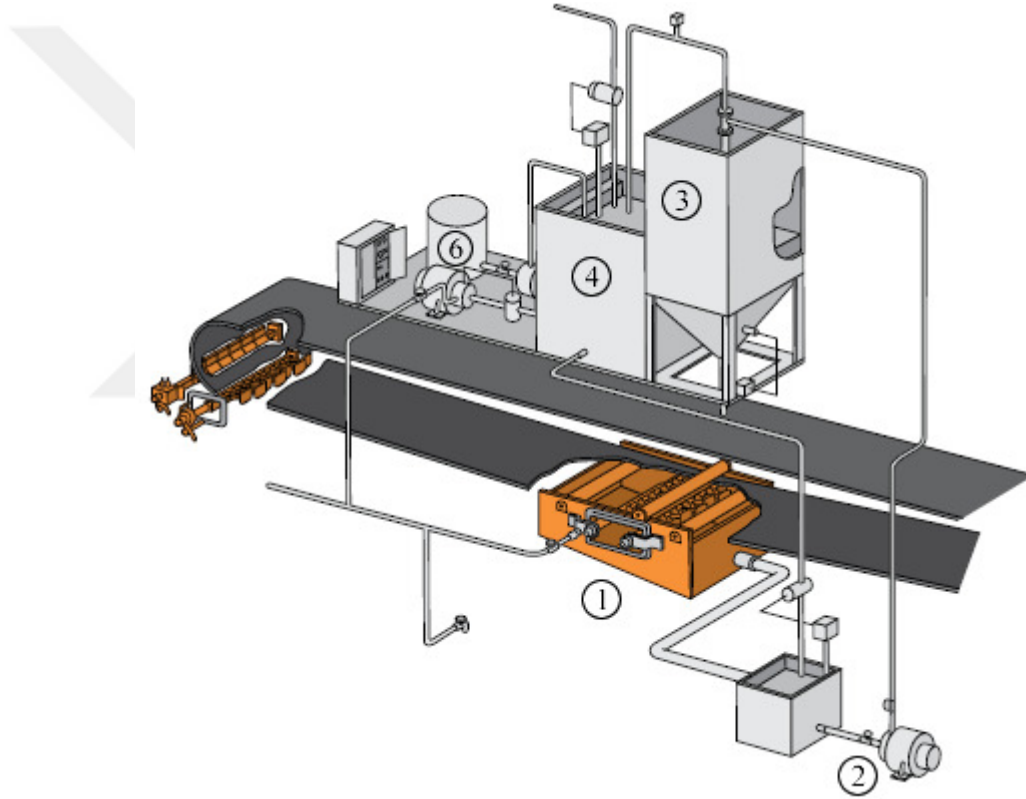


Şekil 2.39. Fırçalı temizleme sistemi [51]

Bantlı konveyörlerde temizlik gereksinimi arttıkça temizlik sistemleri de bir veya birden fazla metodu içerecek şekilde özelleşmekte bant üzerine farklı tekniklerle arındırma işlemleri yapmaktadır. Hiçbir temizleyicinin olmadığı bir bant sisteminde en ilkel temizlik metodu bantı durduğu esnada su ile yıkamak ve temizlemektir. Günümüzde bazı işletmelerde bu yöntemin halen tercih edildiği görülmektedir [52].

Su iyi bir çözücü olduğundan çamurlaşmaları ve birikimleri alabilmektedir. Buradan yola çıkarak su ile temizliğin sağlandığı bant temizleyiciler geliştirilmiştir. Buradaki amaç kapalı bir sistemle bantın bir bölümünde basınçlı su ile bant yüzeyini yıkamak, bantı kuru ve temiz bir şekilde kapalı sistemden ayrılmasını sağlamaktır. Bir çok özel taşıma operasyonu; kimyasallar veya gıda derecesinde yüklerin taşınmasını içerdiğinden daha hassas temizliğin sürekliliğin sağlanması büyük önem kazanmaktadır. Bu ihtiyaçtan dolayı bant temizleyicileri imal eden birçok önde gelen üretici; diğer temizlik sistemlerine göre işletmeler için daha fazla yatırım maliyeti gerektiren yıkama sistemleri üzerine ekipmanlar geliştirmişlerdir. Genel olarak mevcut sistemler bant yük yüzeyinde bulunan üst şeridinin yıkanması ve temizlenmesi üzerine yoğunlaşmışlardır [53].

Şekil 2.40.'ta bantlı konveyörler için bir yıkama sistemi genel olarak aksamaları ile birlikte gösterilmiştir [19]. Bantın geri dönüş bölgesinde uygun bir noktaya montajı yapılmış 1 numaralı ekipman yıkama kutusudur. Burada 6 numaralı kaynaktan sağlanan basınçlı su sistemi ile yıkama yapılmakta, 2 numaralı geri dönüş sistemi ile 3 numaralı toplama tankına kirli yıkama suyu toplanmaktadır. 3 numaralı sistemde filtre edilen yıkama suyu kapalı bir çevrim için 4 numaralı tanka aktarılmakta ve burada 6 numaralı pompa sistemi ile basınçlandırılarak yıkama kutusuna pompalanmaktadır. Bu yıkama çevrimi algılayıcılar vasıtasıyla elektriksel olarak kontrol ve kumanda edilebilmekte sürekli veya kesikli çalıştırılabilmektedir.

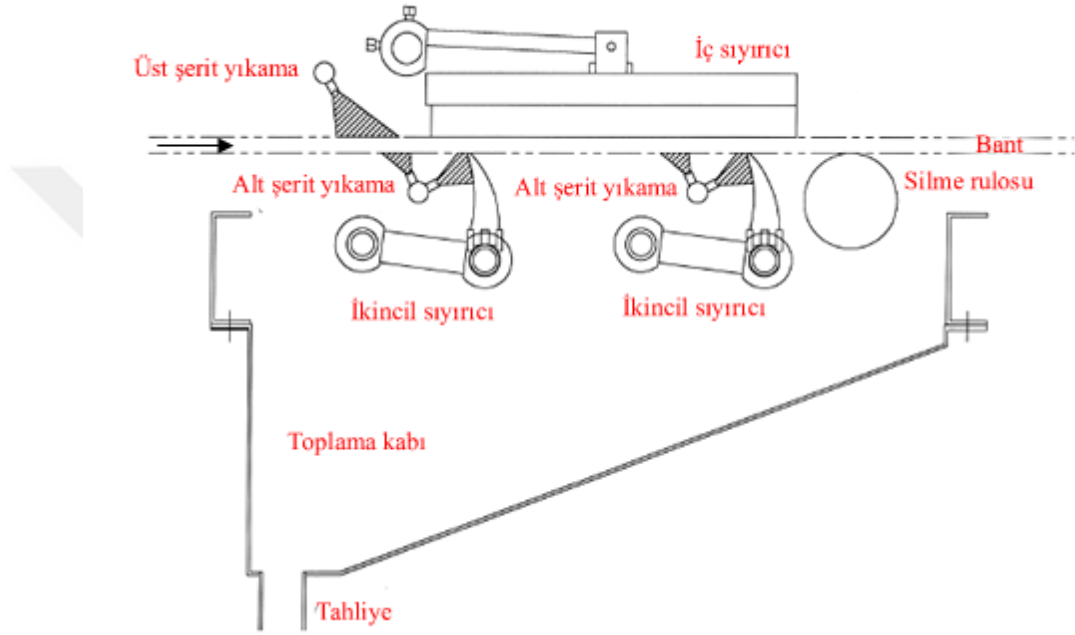


Şekil 2.40. Bant yıkama sistemi ve aksamaları [53]

Yıkama sistemleri diğer temizlik sistemlerine göre daha fazla ekipman ve tesisat içermektedir. Bu durum ilk yatırım ve işletme maliyetlerini artırmaktadır. Hızlı bir şekilde bantı temizleyebilmesi ise önemli bir avantajdır. Bir diğer önemli husus ise kuru çalışan sıyırıcılarda sürekli sıyırıcı parça değişimine ihtiyaç duyulurken bu sistemde daha az sarf malzeme kullanılmakta ve değişim periyotları

daha uzun sürmektedir. Geleneksel sıyırıcılarda sıyırma işlemi sonrası çevreye atılan döküntüler yıkama sistemlerinde filtre edilebilmekte, kolayca toplanabilmektedir.

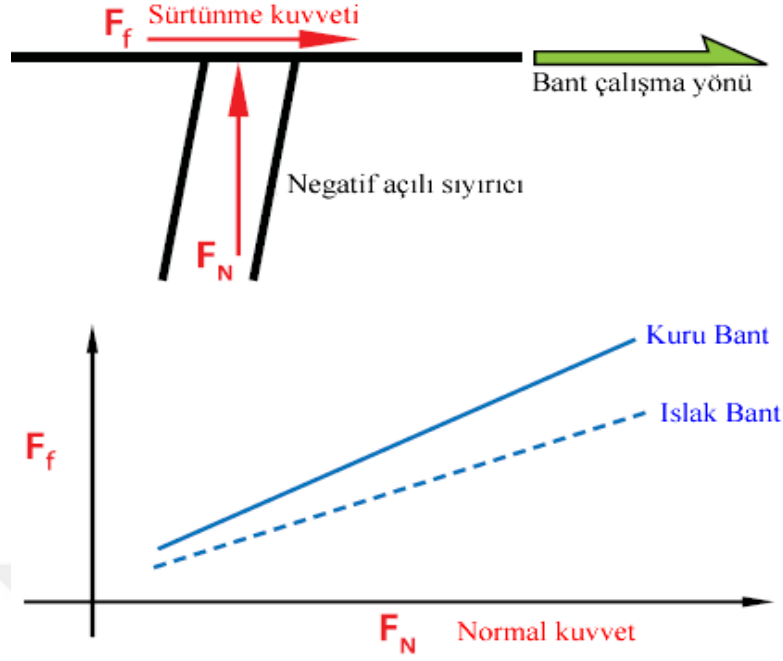
Yıkama sistemlerinin bir diğer önemli özelliği ise kapalı sisteme bantlarda kullanılan sıyırıcı, fırça, kurutucu, hava jeti gibi ilave temizleyici aksamların kolayca dahil edilebilmesidir [5]. Şekil 2.41.'de sıyırıcılar ve yıkama nozullarından meydana gelen bir yıkama istasyonu kesiti görülebilir.



Şekil 2.41. Bir bant yıkama istasyonu kesiti

Yıkama sistemi bant yüzeylerini nemli ve ıslak hale getirdiği için sürtünme katsayısı düşmekte kuru ortamda çalışan temizleyici sistemlere nazaran daha etkin temizleme sağlanabilmektedir. Şekil 2.42.'de sürtünme kuvvetinin ıslak bir bant yüzeyinde sabit bir sıyırıcı kuvvetinde kuru bir bant yüzeyine göre daha düşük mertebede olduğu gösterilmektedir. Islatma yöntemi aynı zamanda toz ve katı partiküllerin sertlik mertebesini düşürerek eriyik hale gelmelerini kolaylaştırmakta ve partiküller ile bant arasındaki sürtünme kuvvetlerini de düşürmektedir [54].





Şekil 2.42. Islak ve kuru bant ortamının sürtünme kuvvetine etkileri.

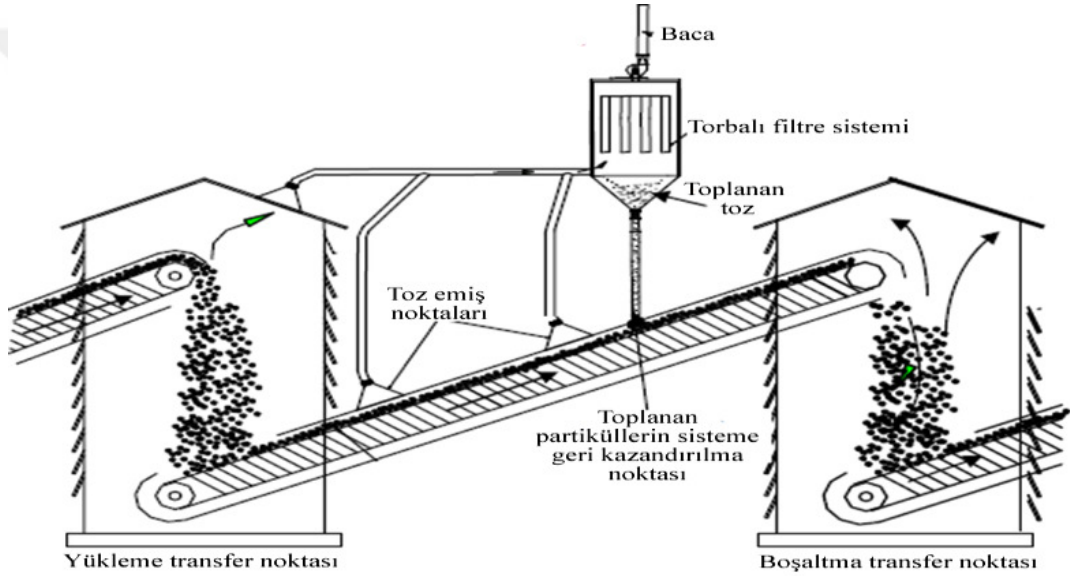
### 2.5.3. Yardımcı Sistemler

Yardımcı sistemler toz ve döküntüyü kaynağında önlemek ve asgari seviyeye indirmek üzerine geliştirilmiştir. Kırma eleme tesislerinde tozlaşma olmaması için yükleme öncesi sahada taşların yıkanması ve ıslatılması bu duruma örnek olarak gösterilebilir, böylece yıkanan taşlar banta yüklendiğinde toz kalkmayacak ve çamur bulaşmayacaktır.

Bazı proseslerde malzemenin içerisinde metal parçalar ve tozları olabilmektedir. Bu tür metal parçalar manyetik özellikte olan ve bantın üstünde belirli bir mesafede askıda tutulan mıknatıs aparatı vasıtasıyla toplanabilmektedir [55]. Metal parçalar bant ve ekine takılma yaparak zarar verebildiği gibi boşaltma noktasında tıkanmalara ve darbelere neden olarak döküntülere sebep olabilmektedir.

Yükleme ve boşaltma noktaları tozlaşmanın en çok meydana geldiği noktalardır. Bu bölgelerde kalkan tozlar kaynağında bir emiş sistemi ile toplanabilmekte ve sisteme tekrar kazandırılabilir.

Genel olarak toz kontrolünde boşaltma ve dökme noktaları kapalı hale getirilerek kontrol sağlanabilmektedir. Toz toplama sistemlerinde fanlar vasıtasıyla emiş gücü oluşturulan hacimler ve belirli ebatlardaki tozları tutmaya yarayan filtreler bulunmaktadır. Dökme noktasındaki ortamda bu sayede negatif bir basınç oluşturulabilmekte ve tozlar tutulabilmektedir. Şoklama sistemleri ile ise tutulan tozlar çırpılarak tekrar sisteme kazandırılabilir. Şekil 2.43'te sürekli taşıma ve boşaltma işlemi yapılan bir konveyör sisteminde tozlaşmanın kontrol altına alınabilmesi amacıyla oluşturulan kapalı sistemler ve toz toplama sistemi gösterilmektedir.



Şekil 2.43. Toz toplama sistemi örneği

## 2.6. KONVEYÖR BANT TEMİZLEME MERTEBELERİN TANIMLANMASI

Konveyör bantlar için; ister bir temizleme sistemi ile indirgenmiş olsun, ister hiçbir müdahale olmadan temizlenmemiş olsun, bant üzerindeki ortalama kirlilik mertebesini tanımlamak gerekmektedir.

CEMA, bant üzerindeki kirliliği; birim metrekare bant yüzey alanına düşen kirliliğin gram biriminden kütlesi olarak tanımlanmıştır [56]. Buna göre kirlilik dört grupta incelenmiştir.

- Sınıf I: >250 g/m<sup>2</sup>
- Sınıf II: 100 – 250 g/m<sup>2</sup>
- Sınıf III: 10 – 100 g/m<sup>2</sup>
- Sınıf IV: 2 – 10 g/m<sup>2</sup>

Sınıf I genel olarak yoğun döküntünün olduğu, dış kirlilik etmenlerinin bant üzerine fazla etkiye bulunduğu ve hiç temizlik yapılmayan bantlarda görülen aşırı kirli bant görüntüsündedir.

Sınıf II daha az döküntünün olduğu ve kontrol edildiği, dış ortamdan daha az etkilenen, geleneksel yöntemlerle temiz tutulmaya çalışılan bantlarda görülen kirli bant görüntüsündedir.

Sınıf III seviyesi toz ve döküntünün boşaltma ve besleme şutlarında kontrol altına alındığı, birincil ve ikincil temizleyicilerin kullanıldığı bantlarda görülen az kirli bant görüntüsündedir.

Sınıf IV seviyesi ilk montaj edilmiş banttaki, toz ve döküntünün gelişmiş sistemlerle tamamen kontrol altına alındığı, bantın yıkanarak kurutulduğu temiz bant görüntüsünü ifade etmektedir.

Her sınıf için bant üzerinde değişken nem oranları olabilmektedir, Nem de aynı şekilde metrekaresindeki gram miktar ile ölçülebilmektedir. Genel olarak bant üzerindeki metrekaresine düşen su filmi miktarı 1 gramı geçmesi konveyör bantlarda istenmez.

Taşınan maddelerin tehlike sınıfına, işletmelerdeki risk yönetimine bağlı olarak temizlik mertebesinde tercihler ve uygulamalar değişebilmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Bantlı Konveyör

Çalışmanın temel malzemesi olan bantlı konveyör, temizleyici sistemin monte edilmesi ve performans deneme çalışmaları için olmazsa olmaz bir materyaldir.

Bantlı konveyörlerde temizleyici bir sistemi ortaya çıkarmak için öncelikle tasarım ve imalat için referans olacak bir bantlı konveyöre ihtiyaç vardır. Bu çalışmaya konu olan Toros Tarım San. Ve Tic. A.Ş. Mersin üretim tesislerinde bulunan konveyörlerin çalışmalarının aksatılmaması için aynı ürünleri taşıyabilen deneysel bir bant sistemi tasarımı ve Şekil 3.1.'de görülen imalatı yapılmıştır.

Atölye ortamında deneysel çalışmaların yapılacağı bant boyutlandırması 10 metre uzunluğunda tercih edilmiş ve yatay ekseninde çalışacağı varsayılmıştır.



Şekil 3.1. Yıkama sistemi için imalatı yapılan konveyör bant

### 3.1.2. Deneylerde ve Hesaplamalarda Kullanılan Materyaller

Tez kapsamında tasarlanacak konveyör bant temizleyici sistemin tasarımı ve deneme çalışmalarında Toros Tarım San. Ve Tic. A.Ş. Mersin üretim tesislerinde kullanılan kireçtaşı (toz) taşınacak birinci materyal olarak alınmıştır. Kullanılan kireçtaşının fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıda belirtilen değerler olarak alınmıştır.

Dökme yük cinsi : Kireçtaşı

CAS Numarası : 1317-65-3

Yığılma özgül ağırlığı : 1200 kg/m<sup>3</sup>

Şev açısı: 35°

Sıcaklık : 20-30°C



Şekil 3.2. Taşıma deneylerinde kullanılan kireçtaşları

Kireç tozu tanecik boyutlarının 70 mikron seviyesinde olması çok kolay çevreye dağılma eğiliminde olmasına, kimyasal kompozisyon olarak kalsiyum içermesinden dolayı çok aşındırıcı sınıfta yer almasına neden olmaktadır. Higroskopik özellikleri ise nem ve suyla kolay çamurlaşmasına, yapışkan bir form almasına yardımcı olmaktadır.

Tez kapsamında tasarlanacak konveyör bantları temizleyici sistemin tasarımı ve deneme çalışmalarında Toros Tarım San. Ve Tic. A.Ş. Mersin üretim

tesislerinde kullanılan CAN gübresi taşınacak ikinci materyal olarak alınmıştır. CAN gübresinin fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıdaki gibidir;

Dökme yük cinsi : CAN - Kalsiyum Amonyum Nitrat

CAS Numarası : 15245-12-2

Yığılma özgül ağırlığı : 900 kg/m<sup>3</sup>

Şev açısı: 25°

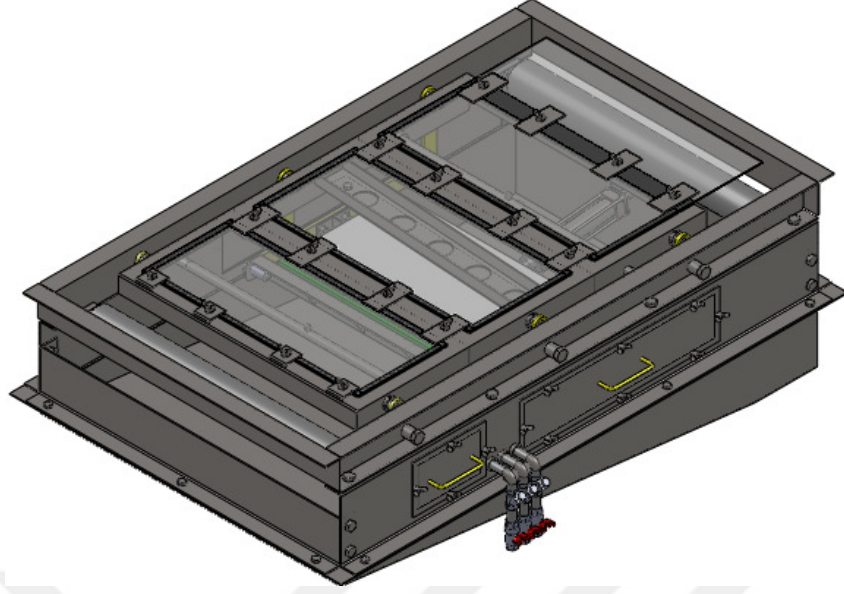
Sıcaklık : 30-40°C



Şekil 3.3. Taşıma deneylerinde kullanılan CAN gübresi

### 3.1.3. Yıkama Sistemi

Bantlı konveyörün alt ve üst yüzeylerini döküntü ve istenmeyen birikimlerden temizleyecek bir sistem nemli bir ortamda çalışacağından aksamlar ve imalatları paslanmaz çelikten tercih edilmiştir. Malzeme tercihinde en ekonomik ve korozyon dayanımı en uygun olan materyal AISI 304 kalite paslanmaz çeliktir. Bant yüzeyi poliüretan esaslı sıyırıcı lastikler ve UHMWPE malzemedeki özel silgiler ile temizleneceği öngörülerek tasarlanmıştır. Tüm bu sistemlerin DIN normunda A2 kalite paslanmaz çelik bağlantı elemanları ve TIG GTAW Argon kaynağı yöntemi ile birleştirme işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.4. Bilgisayar destekli tasarımı yapılan yıkama sistemi

#### 3.1.4. Ölçü ve Kontrol Cihazları

Tez çalışmasında hassas kütle ölçümleri için Şekil 3.5.'te görülen elektronik tartı aleti kullanılmıştır. Bu cihazın özellikleri aşağıdaki gibidir;

Model: DESIS EHB

Kapasite: 120mm kefe ölçüsü için 300 g azami ağırlık

Taksimat: 0,001 g



Şekil 3.5. Hassas elektronik terazi

Yıkama sistemi hava ve su tüketimi ölçümleri için Şekil 3.6.'da görülen elektronik debi ölçer sistemi kullanılmıştır. Bu sistem türbinli ölçüm bağlantı parçası ve dijital debimetre göstergesinden oluşmaktadır. Cihaz özellikleri aşağıdaki gibidir:

Model: Gentek LWGY

Türbinli parça: 1" dişli bağlantı, 0-165 litre/dakika ölçüm kapasitesi

Dijital gösterge: GNT 604 mikro denetleyici tabanlı toplam ve anlık ölçüm göstergeli, 16 fonksiyon kumandalı.



Şekil 3.6. Paslanmaz çelik türbinli dijital göstergeli debimetre

Bantlı konveyörün çektiği akımın ölçülmesinde Şekil 3.7.'de özellikleri belirtilen dijital ampermetre kullanılmıştır.



Tip	FYA 96 .
Ölçme dalga biçimi	AC (rms)
Ölçme sahası	0 -200 A direkt 0 -10 A direkt, 0 - 9999 A (Akım Trafolu)
Hata sınıfı	1
Çalışma frekansı	50 Hz
Çalışma sıcaklığı	-5°C / 55°C
Çalışma sınır aralığı	(0,8 - 1,2)xUn
Sürekli aşırı yükleme	1,2 x In
Besleme gerilimi	220 V AC

Şekil 3.7. Dijital ampermetre ve özellikleri



## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1. Bantlı Konveyör Tasarımı ve İmalatı

İstenen niteliklerde bantlı konveyörü oluşturabilmek için taşınacak yükün ve taşıma mesafesinin özelliklerine uygun olarak bir konstrüksiyon tasarlamak gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında bilgisayar destekli tasarım (CAD) yöntemiyle bantlı konveyörün imalata esas çizimi yapılmıştır.

Konveyör bant boyutlandırması için Yrd. Doç. Dr. Onur Güven'in tez yöneticisi olduğu, Adnan Güven'in tez olarak yaptığı konveyör bant yazılımı kullanılmıştır [57]. Söz konusu program bilgileri şu şekildedir:

Yazılım Adı: Konveyör bant hesap programı

Yazılım yayınlanma yılı : 1997

Yazılım alt yapısı: Visual Basic

Bu program konveyörde taşınacak yük ve taşıma özelliklerine göre en uygun bant tasarım ölçülendirmelerini sunmaktadır. Programa girdi olarak taşınacak materyal özellikleri ve aşağıda belirtilen konveyör özellikleri girilmiştir.

Konveyör taşıma uzunluğu: 10000mm

Taşıma açısı: 0°

Tasarım kriterini oluşturan materyal: Kireçtaşı

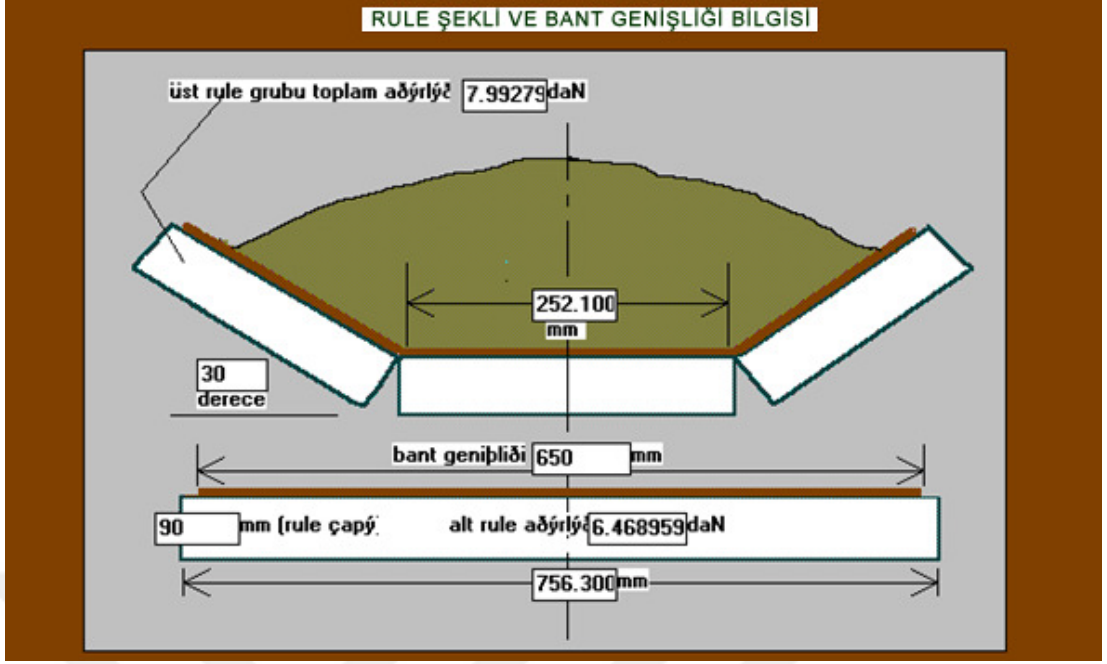
Tahrik tipi: Elektrik motorlu, baştan.

Tahrik sistemi: Dişli kutulu elektrikli tambur

Rulo açısı: 30°

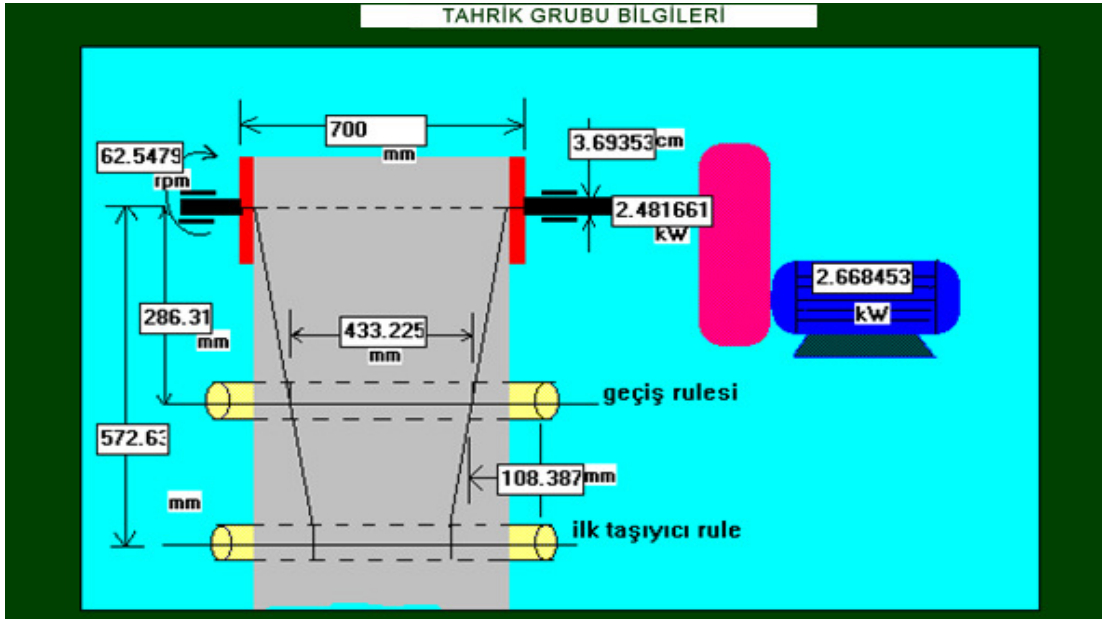
Tambur sarım açısı: 180°

Programaya girilen veriler doğrultusunda elde edilen sonuçlardan ilki Şekil 3.8'de görülen rulo ve lastik bant boyutlandırması olarak elde edilmiştir.



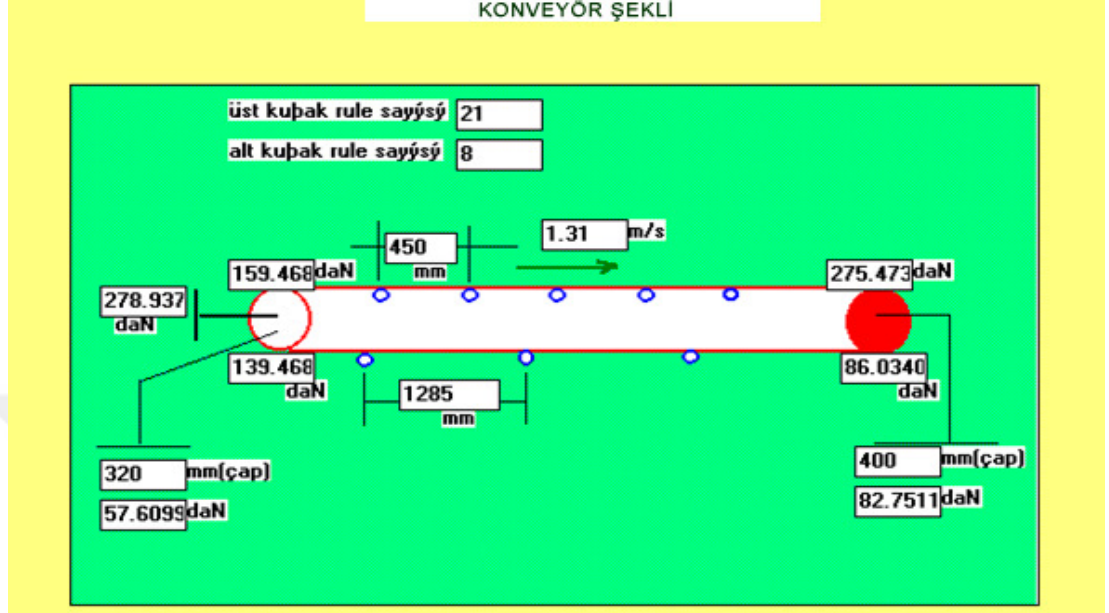
Şekil 3.8. Rulo ve bant ölçüleri sonuç ekranı

Program çıktısı ikinci ekranında Şekil 3.9'da görülen tahrik tamburu boyutlandırması, güç gereksinimleri ve rulo montaj mesafeleri elde edilmiştir.



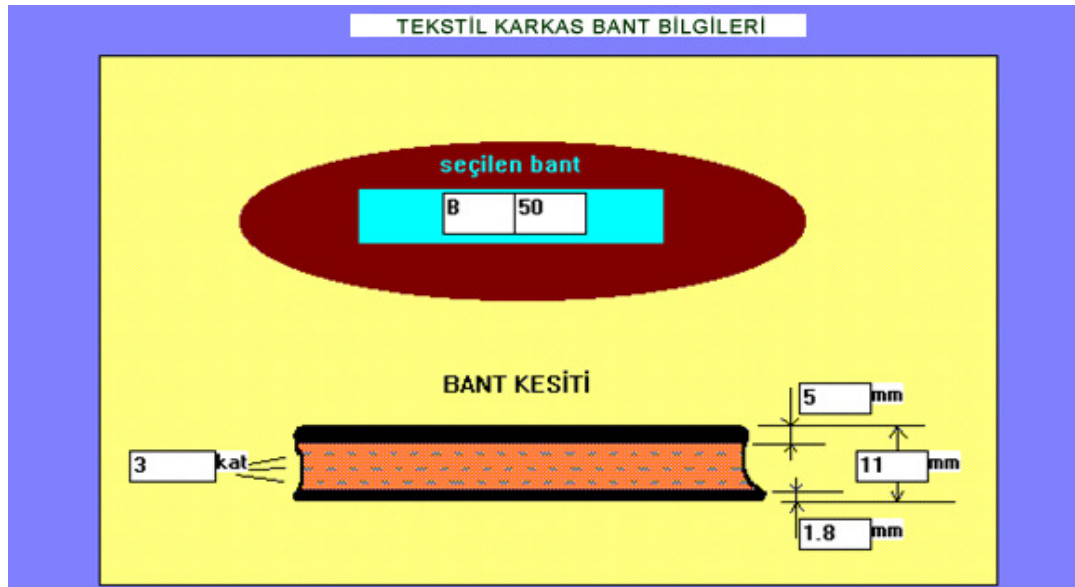
Şekil 3.9. Tahrik grubu sonuç ekranı

Şekil 3.10'da görülen program çıktısı ekranında rulo montaj mesafeleri ve tambur boyutlandırmaları daha detaylı olarak elde edilmiştir.



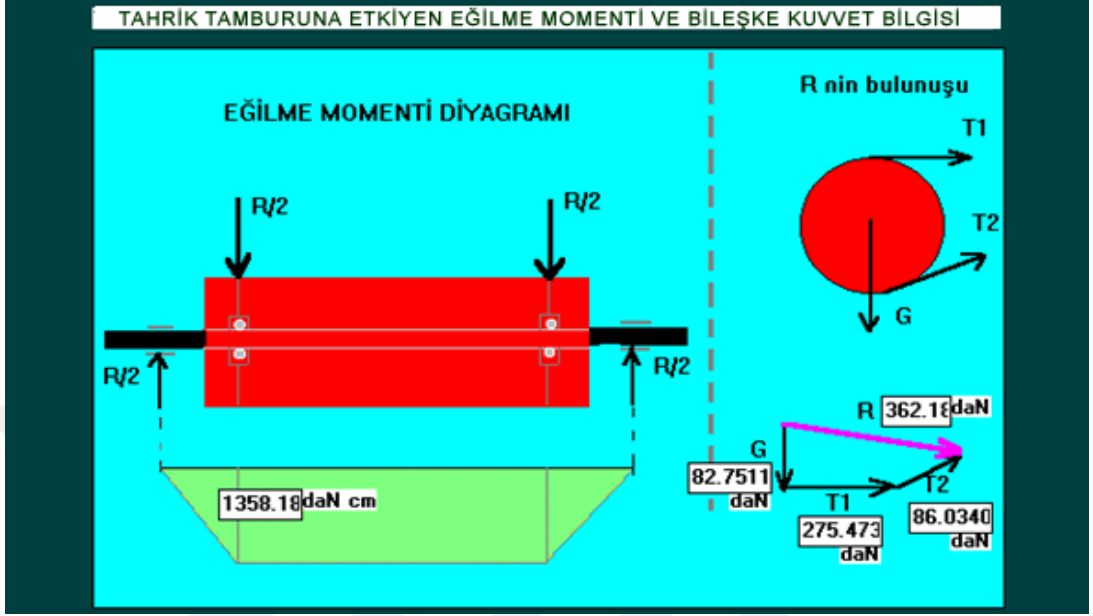
Şekil 3.10. Tambur ve rulo mesafeleri

Şekil 3.11'de görülen program çıktısı ekranında bant özellikleri ve boyutlandırmaları daha detaylı olarak elde edilmiştir.



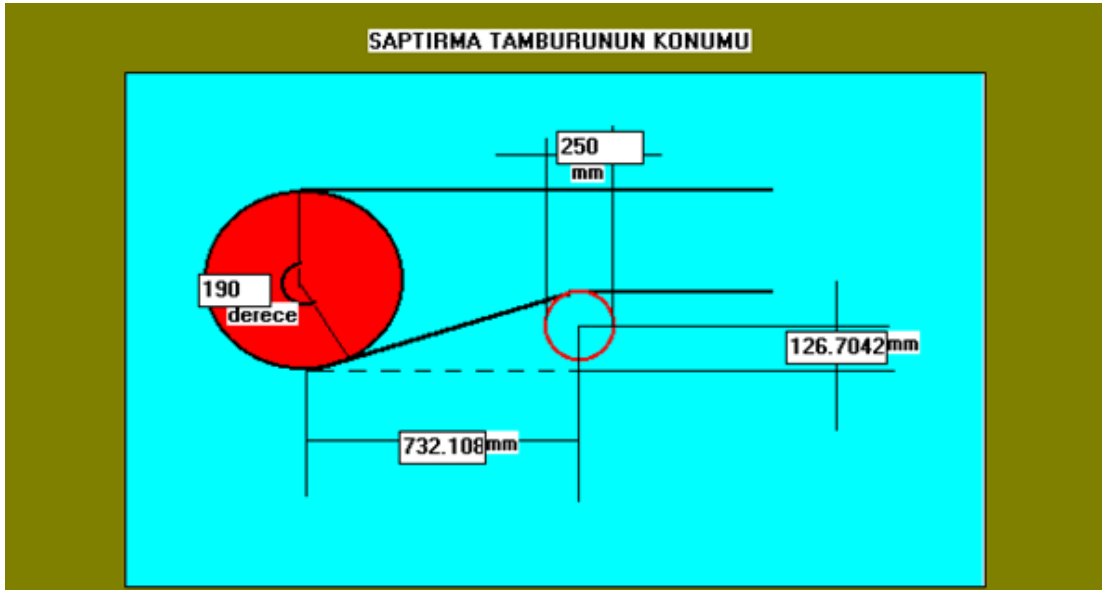
Şekil 3.11. Lastik bant özellikleri sonuç ekranı

Şekil 3.12’de tahrik tamburuna etkiyen kuvvetlerin programda hesaplanan değerleri sunulmuştur.



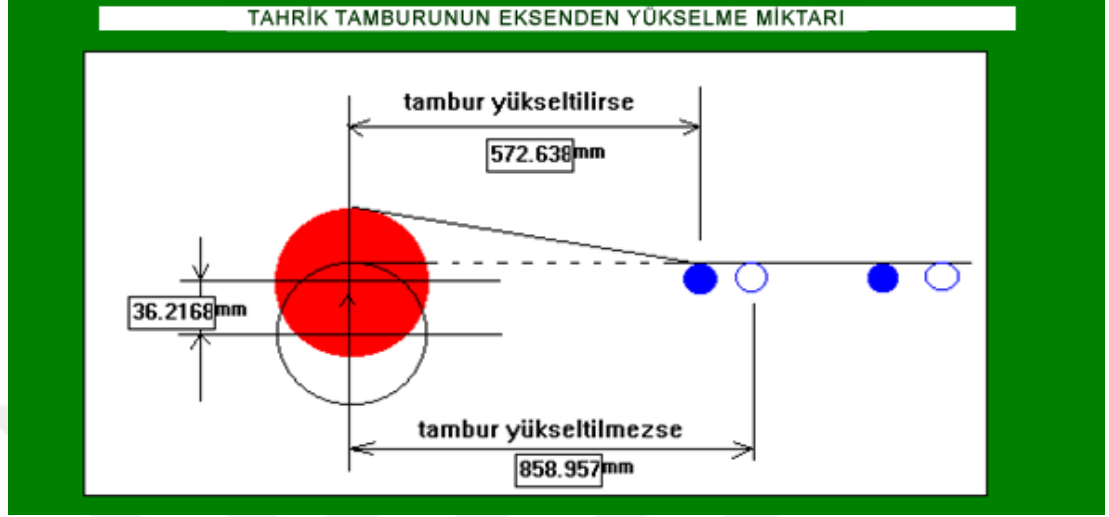
Şekil 3.12. Konveyör programında hesaplanan tahrik tamburuna etki eden kuvvetler

Şekil 3.13’de saptırma tamburu mesafeleri ve boyutlandırması için elde edilen çıktı ekranı sunulmuştur.



Şekil 3.13. Saptırma tamburu yerleşimi sonuç ekranı

Şekil 3.14'te görülen program çıktısı ekranında üst rulo yerleşim mesafeleri ve tahrik tamburu yükselme sınırları gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Konveyör programında hesaplanan tahrik tamburu yükselme sınırları

Buna göre program çıktılarından elde edilen konveyör elemanlarının tasarımsal özellikleri aşağıdaki gibidir:

Program çıktısında; bant eni 650mm olarak hesaplanmış olup, bant kalınlığı 11mm, B50 mukavemette 3 kat bez kordlu tip olarak tavsiye edilmektedir. Uygulamada kullanılacak bu değerlere en yakın bant bant, üretici kataloğundan 10mm olarak EP-70-650-4-4/2-A1-D tipinde seçilmiştir [58].

Program çıktısında; üst taşıyıcı rulolar üçlü formda uygulanmaktadır. Üst ve alt taşıyıcı rulo ölçüleri DIN 15207-2 standardına göre üretimi yapılan rulo ölçüleri ile uyumaktadır. Bu doğrultuda rulo üretici kataloğundan aşağıdaki özelliklerde rulolar seçilmiştir ve bilgisayar destekli tasarımda bu ölçüler referans alınmıştır [59] .

Üst taşıyıcı rulo:  $\varnothing 89 \times 250 \text{mm}$

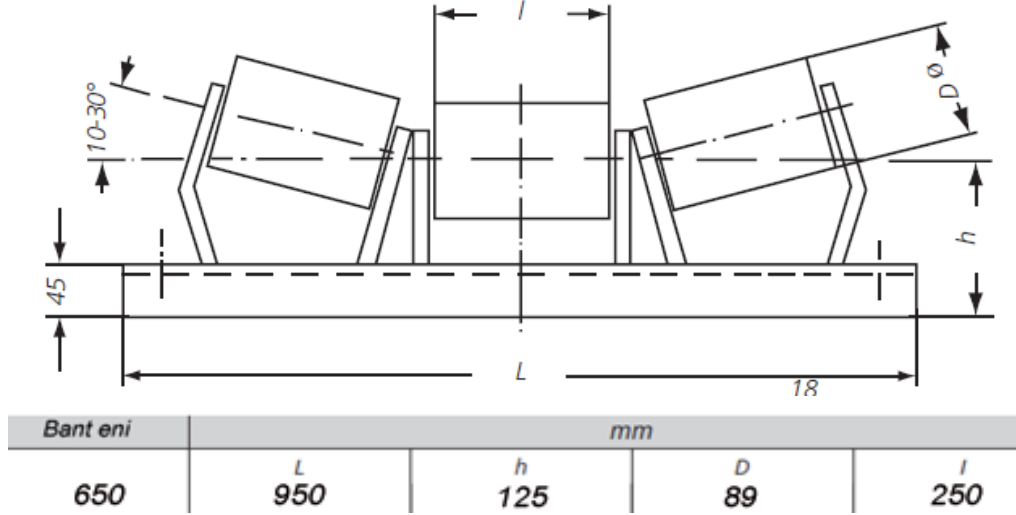
Üst rulo yerleşim mesafesi: 450mm

Alt taşıyıcı rulo:  $\varnothing 89 \times 750 \text{mm}$

Alt rulo yerleşim mesafesi: 1285 mm  
Rulo borusu : S235JR 88,9x3mm dikişli boru  
Kaplama: Epoksi 100 mikron RAL1018 Sarı  
Mil Çapı: 20mm  
Rulman: SKF 6204ZZ

Rulolar rulo istasyonu ismi verilen taşıyıcılara montajı yapılacaktır. Üretici kataloglarından seçilen boyutlandırma çıktısına en uygun standart taşıyıcı ölçüleri Şekil 3.15.'te belirtilmiştir [60].

Alt taşıyıcı rulolar için özel bir istasyona ihtiyaç duyulmamaktadır. Aynı katalogdan ruloları taşıyacak braket parçaları seçilmiş ve imalatlar bu doğrultuda yapılmıştır.



Şekil 3.15. Üçlü üst taşıyıcı rulo istasyonu ölçüleri

Tahrik tamburu boyutlandırması program çıktısına göre aşağıdaki gibidir:

Tambur çapı: Ø320mm  
Tambur uzunluğu: 700mm  
Tambura etkiyen bileşke kuvvet: 362,18 daN  
Tambur şaft gücü: 2,48kW  
Tur: 65 devir/dakika

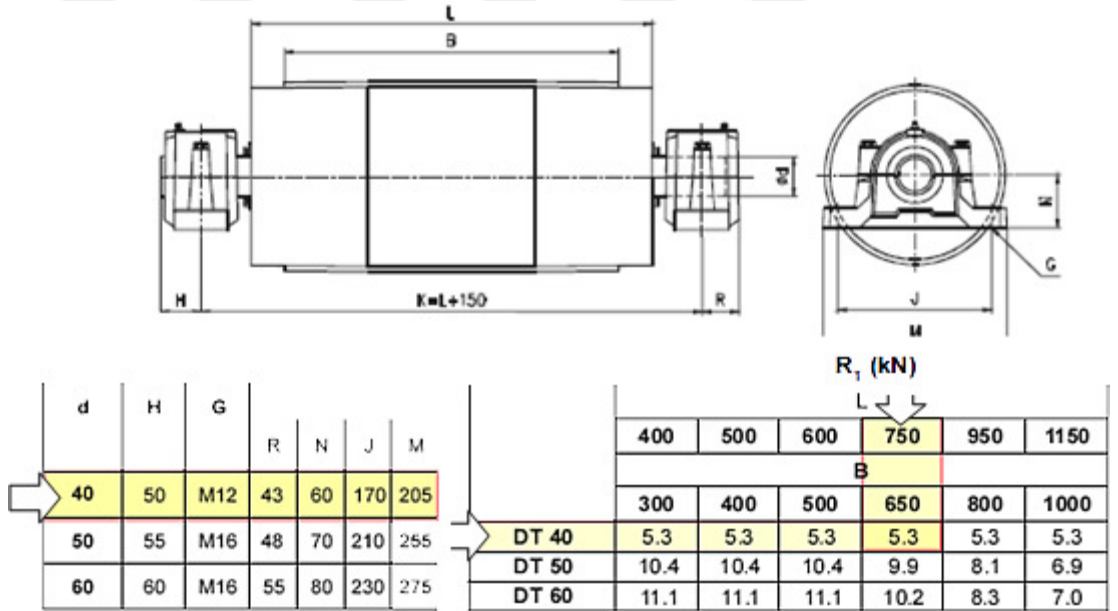
Bu özelliklere göre üretici kataloglarından yapılan incelemeler sonucunda 3kW gücünde motorlu tambur seçilmiştir [61].

Gergi tamburu boyutlandırması program çıktısına göre aşağıdaki gibidir:

Tamburu çapı:  $\phi 400\text{mm}$

Gergi kuvveti: 279 daN

Gergi tamburu üretici kataloglarından 650mm eninde banda ve boyutlandırma özelliklerine uygun olarak seçilmiştir [62].



Şekil 3.16. Gergi tamburunun katalogdan seçimi

Gergi tamburunun yataklaması için seçilen mil çapına uygun olarak 2 takım SKF marka rulman ve yatak katalogundan aşağıdaki materyaller seçilmiş ve uygulanmıştır [63].

Rulman yatağı: SKF SNL 208-307

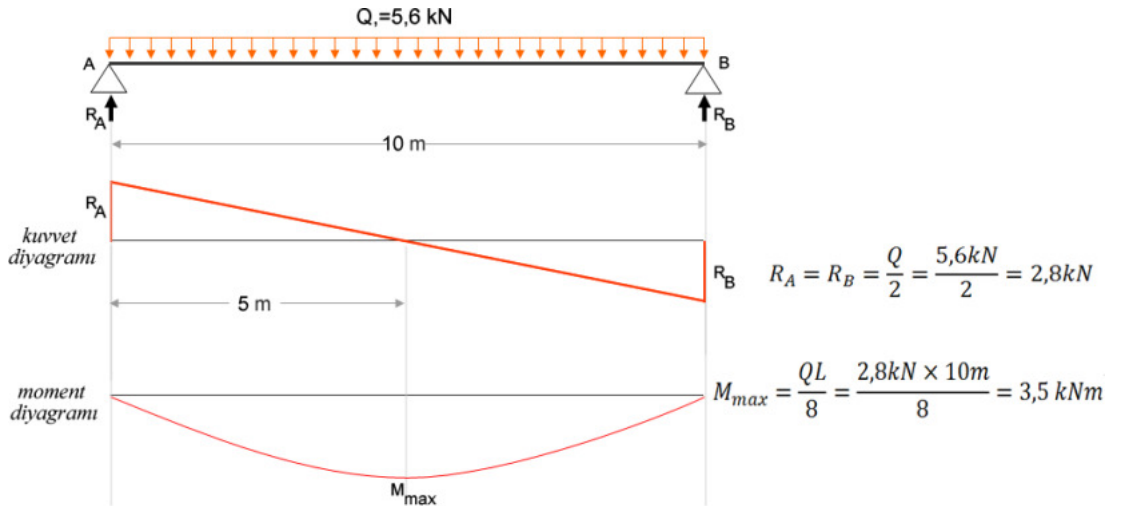
Rulman: 2208 ETN9 çift sıra bilyeli rulman

Çizelge 3.1. Bantlı konveyörü oluşturan materyallerin toplam ağırlığı.

Materyal	Kütle
UPN100 Şasi	270 Kg
Rulo taşıyıcılar	90 Kg
Rulolar	100 Kg
Gergi tamburu	84 Kg
Tahrik tamburu	106 Kg
Konveyör bant	190 Kg
Dökme yük	300 Kg
Toplam kütle	1140 Kg
Toplam ağırlık	11.2 kN

Konveyör bant şasisi için TS EN 10279 standardına uygun UPE 100 St 37-2 çelik profil öngörülmüştür. Şasi genel olarak iki parça “U” profil kirişten oluşmaktadır. Bundan dolayı toplam 11.2 kN ağırlığın her bir kirişe 5,6kN olarak etkiyeceğini kabul edilmiştir.

Kiriş üzerine etkiyen yükler ile meydana gelen kuvvetler incelenerek Şekil 3.17.’de görülen serbest cisim diyagramı üzerinden basit kiriş hesabı yapılarak seçilen materyalin boyutlandırmasının uygun olup olmadığı incelenmiştir.

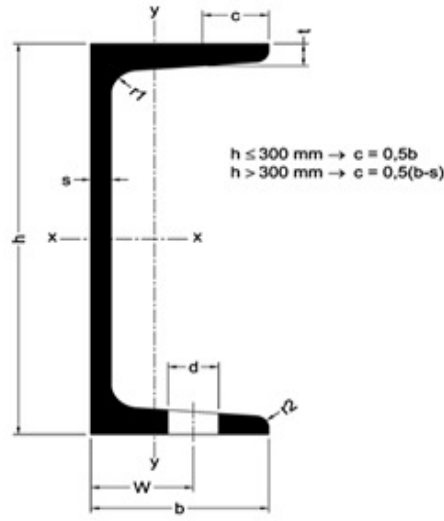


Şekil 3.17. Tek kiriş için moment diyagramı



Şekil 3.14.'e göre kirişe etkiyen azami moment değeri 3,5 kNm olarak tespit edilmiştir. Bantlı konveyör sistemini taşıyacak çelik kiriş için benzer konveyörlerde uygulanan “U” formunda ve profil kesit uzunluk ölçüsü 100 mm olan çelik profil tercih edilmiştir.

Seçilen çelik profilin dayanımının uygun olup olmadığının analiz edilebilmesi için Şekil 3.18.'de belirtilen UPE-100 ölçülerine tekabül eden üretici katalog statik değerleri kullanılacaktır [64].



Anma Ölçüsü Nominal Size (UPE)	Kesit Alanı Section F (cm <sup>2</sup> )	Kütle Weight G (kg/m)	Yüzey Alanı Surface Area U (m <sup>2</sup> /m)	Statik Parametreler Static Parameters							Boyut Dimensions			
				x-x			y-y				S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	s <sub>x</sub> cm	e <sub>y</sub> cm	X <sub>M</sub> cm
				J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm					
100	12,5	9,82	0,402	207	41,4	4,07	38,3	10,6	1,75	24,0	8,62	1,91	3,93	

çelik cinsi	akma sınırı σ <sub>a</sub>	emniyet gerilmesi σ <sub>em</sub> (KN/cm <sup>2</sup> .)		kayma emniyet gerilmesi τ <sub>em</sub> (KN/cm <sup>2</sup> .)	
		EY (H)	EİY (HZ)	EY (H)	EİY (HZ)
ST37	24	14	16	8,3	9,5

Şekil 3.18. UPE üretici kataloğundan seçilen statik değerler

Buna göre;

$$\sigma = \frac{N_{maks}}{W_x} = \frac{8,16kNm}{41,4cm^2} \times \frac{100cm}{m} = 8,15 \frac{kN}{cm^2} \quad (3.1)$$

$$\sigma_{\text{emniyet}} = 16 \frac{kN}{cm^2} \quad (3.2)$$

$$\sigma < \sigma_{\text{emniyet}} \quad (3.3)$$

Normal gerilme bakımından UPE100 kesit uygundur.

$$\text{Kayma gerilmesi, } \tau = \frac{N_{maks} \times Q_x}{I_y \times b} = \frac{20kN \times 24cm^2}{207cm^2 \times 0,45cm} = 0,72 \frac{kN}{cm^2} \quad (3.4)$$

$$\tau_{\text{emniyet}} = 9,5 \frac{kN}{cm^2} \quad (3.5)$$

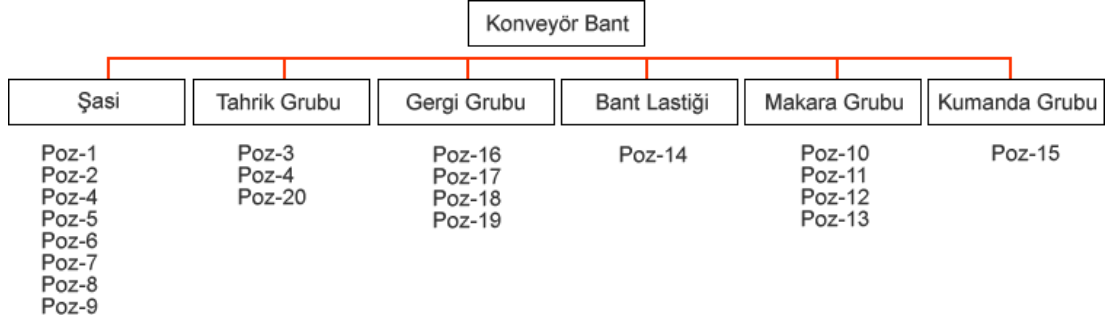
$$\tau < \tau_{\text{emniyet}} \quad (3.6)$$

Kayma gerilmesi bakımından UPE-100 kesit uygundur.

Sonuç olarak şasi için seçilen UPE-100 profil materyal olarak uygundur ve tasarım ve imalatta kullanılmıştır.

### 3.2.2. Bantlı Konveyör Sisteminin Bilgisayar Destekli Tasarımı

Bantlı konveyör gruplandırılmış parçalarının bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bu montaj gruplarından her birine “poz” ismi verilmektedir. Her poz grubunun bilgisayar destekli tasarımı, elde edilen boyutlandırma verileri, standartlar ve materyal özellikleri çerçevesinde yapılmıştır. Bu işlemlerin belirli bir düzen ve sınıflandırma çerçevesinde yapılabilmesi için çalışmalar Şekil 3.19’da belirtilen şema uyarınca yapılmıştır.

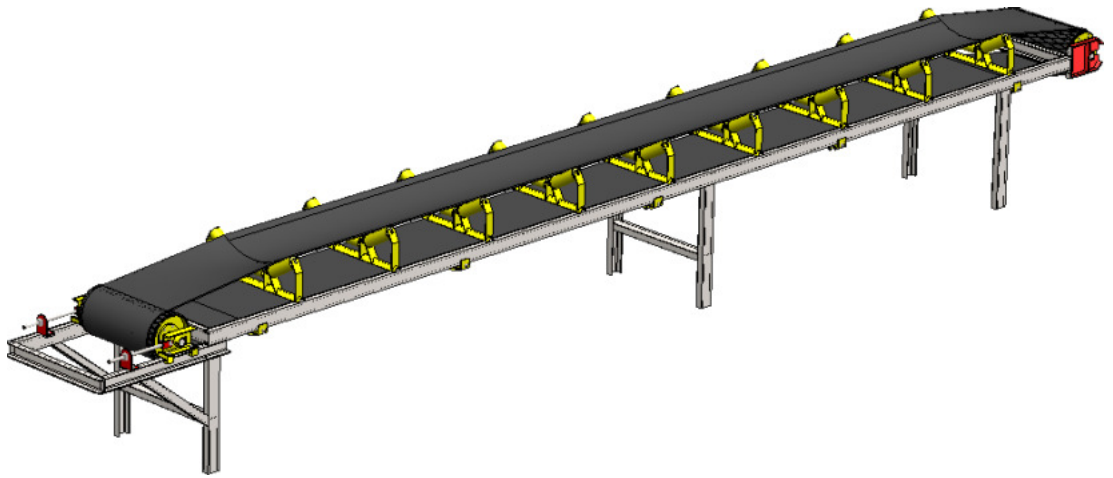


Şekil 3.19. Bantlı konveyör montaj grupları şeması

Bilgisayar destekli tasarım, konveyör tasarım şemasındaki gruplandırmalar doğrultusunda, materyal özellikleri ve seçilen ekipman ölçüleri kullanılarak üç boyutlu katı modelleme tekniği ile yapılmıştır.

Bu çalışmalar esnasında SolidWorks Premium 2010 SP.0 katı modelleme yazılımı kullanılmıştır.

Katı modelleme tekniği ile tüm poz gruplarının Kısım 3.2.1.'deki veriler doğrultusunda parça modellemeleri yapılmıştır, daha sonra parçaların birbirleri ile montaj ilişkileri kurularak montaj modellemeleri oluşturulmuştur. Tüm parçaların montajı tamamlandığında Şekil 3.20.'de görülen üç boyutlu konveyör bant tasarımı ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.20. Bilgisayar destekli tasarımı yapılan konveyörün izometrik görünümü

Üç boyutlu model bilgisayar ortamında detaylı olarak bant sisteminin incelenmesine imkan vererek yıkama sisteminin tasarımının geliştirilmesinde değerlendirilmiştir.

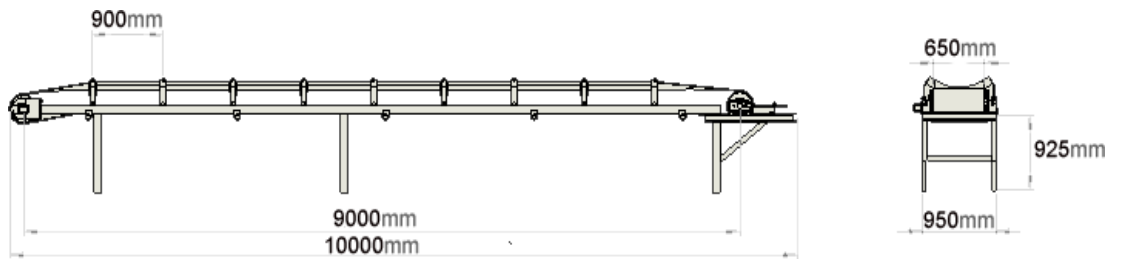
### 3.2.3. Bantlı konveyörün İmalat ve Montajı

Yapılan katı modelleme çalışması sonucunda konveyör bantın genel yerleşimi ve ölçüleri ortaya çıkmıştır. Konveyör bant şasisi hariç diğer tüm aksamlar piyasadan doğrudan temin edilebilen malzemelerden oluşmaktadır. Buna göre Çizelge 3.2’de belirtilen malzemeler listelenmiş ve tedarik yoluna gidilmiştir.

Çizelge 3.2. İmalatı yapılmayıp hazır tedarik edilen parçaların listesi

Materyal	Tip	Miktar
UPE-100 Profil	S235JR 100x50mm	48 Metre
Üst rulo taşıyıcı	3’lü rulo taşıyıcı	9 Adet
Alt rulo taşıyıcı	Alt rulo pabucu	10 Adet
Üst Rulolar	88,9x250mm	27 Adet
Gergi tamburu	Ø400x750mm	1 Adet
Tahrik tamburu	Ø320x700mm 3kW 65d/d	1 Adet
Konveyör bant	EP-70-650-4-4/2-A1-D	21 Metre

İmalat süreci malzeme tedarik, şasi imalat ve şasiye montaj olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle malzemelerin temini yapılmıştır. Temin edilen malzemelerin montajının yapılacağı şasi bilgisayar destekli tasarımdan elde edilen Şekil 3.21.’deki örnekte olduğu gibi imalata esas teknik resimler üzerinden yapılmıştır.



Şekil 3.21. Bantlı konveyör genel imalat teknik çizimi

Tüm bu imalat ve montaj işlemleri Toros Tarım San. ve Tic. A.Ş. Mersin üretim tesislerinde bulunan atölyelerde yapılmıştır. Şekil 3.22. ve Şekil 3.23.'te bant şasi imalat ve montaj aşamalarından fotoğraflar sunulmuştur.



Şekil 3.22. Banlı konveyör çelik şasi imalatından bir görünüm



Şekil 3.23. Banlı konveyör şasisine tambur montajı

Bantlı konveyör şasi imalatı ve rulo gruplarının montajından sonra bant Şekil 3.24.'te görülen şekilde sonsuz formu alması için sıcak yapıştırma tekniği ile birleştirilmiştir.



Şekil 3.24. Bantlı konveyör bant montajı ve vulkanize bant eki yapımı

Bant eki montaj aşamasından sonra bantın gergi ayarı yapılarak tasarım şemasına göre imalat ve montaj tamamlanmıştır. Bantlı konveyörün elektrik tesisatları ve kumanda panosu da tamamlanarak test çalıştırılması yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda sistemin emniyetli sınırlar dahilinde işlevini yerine getirdiği görülmüştür.



Şekil 3.25. İmalatı ve montajı tamamlanan bantlı konveyör

### 3.2.4. Yıkama Sistemi Tasarımı

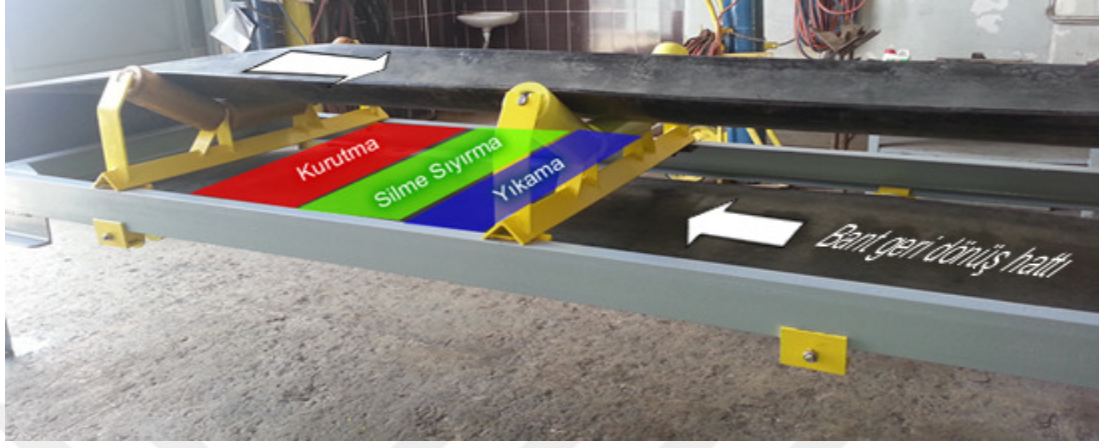
#### 3.2.4.1. Ön tasarım

Ön tasarım aşamasında bantlı konveyörün temizlik işlemlerinin tek bir ünite içerisinde yıkama, silme, sıyırma ve kurutmasının yapılacağı genel bir ekipman tasarımı ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalar aşağıdaki kriterler doğrultusunda belirlenmiştir.

- Yerleşim olarak bantın geri dönüş hattında, şasinin altında bulunmalıdır.
- Yıkama sistemi bantın hem alt hem de üst yüzeylerini temizleyebilmelidir.
- Sistemin sökülüp takılması pratik esaslara dayanmalıdır.
- Bantın hızını çok etkilemeden, en düşük kuvvetlerle işlem gerçekleştirmelidir.
- Sistem gerektiğinde devreye alınabilmeli ve çıkarılabilmelidir.
- Sistem bantın gergi ayarı sınırları içinde yerleştirilebilmeli, bantı düz bir satıhta tutarak temizleme işlemlerini gerçekleştirebilmelidir.
- Gergi ayarının en yakın noktadan yapılabilmesi ve bantın gergi tamburuna temiz iletilebilmesi için sistem gergi tamburuna yakın olmalıdır.
- Temizleme işlemi sonucunda ortaya çıkan artıklar bir haznede toplanmalıdır.
- Bant işletmelerde kolayca bulunabilen su ve hava ile işlem yapabilmelidir.
- Ekipman korozyondan en az etkilenecek malzemelerden imal edilmelidir.
- Sıyırıcılar aşınma dayanımı yüksek elastomer malzemelerden oluşmalıdır.
- Sağlık, emniyet ve çevresel etkileri yasal sınırlar içinde olmalıdır.
- Montaj, işletme ve bakım operasyonları en az risk içerecek şekilde düşünülmelidir.

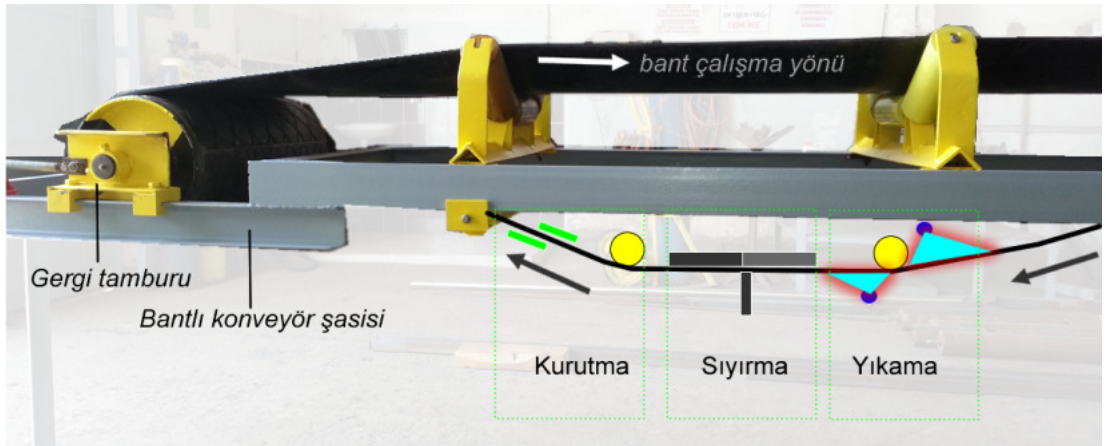
Bu kriterlerden yola çıkarak oluşturulacak model için ön tasarım problemlerinin çözümüne yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bilgisayar destekli tasarımdan önce el çizimleri ile modelleme şeklinde ifade edilebilecek bu süreçte bantlı konveyör üzerinde bu konuda uzman kişilerle birlikte gözlemler yapılmış, bantlı konveyörün temizliği üzerine nasıl bir metot uygulanacağına karar verilmiştir. Buna göre Şekil 3.26.'da belirtilen sıralamayla bant önce yıkanarak kirlilik suyun

çözücü etkisiyle sıyrılabilir hale gelecektir, yıkamadan sonra sıyırma işlemleri yapılacak ve ardından kalan ıslaklık kurutularak sistemden çıkacaktır.



Şekil 3.26. Bantlı konveyör üzerinde temizlik metodu oluşturulması

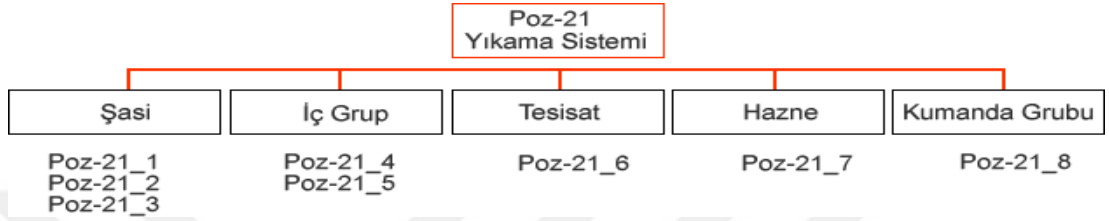
Temel varsayımlardan sonra uygulamaya yönelik bir taslak oluşturmak gerekmiştir, Bant geri dönüşüne ve gergi tamburuna yakın bir noktada yerleşimi yapılan yıkama sistemi ön tasarım şematik çizimi Şekil 3.27.'de görülmektedir. Buna göre bant ekseninden aşağı alınarak bir hazneye alındığı, bant hazne içinde iki gergi makarası arasında düz bir yatayda tutulması gerektiği, önce bantın alt ve üst yüzeyleri pülverize ve tazyikli su ile yıkanması gerektiği, ardından alt ve üst sıyrıcılarla su ve kirliliğin sıyrılacağı, sonrasında da kurutma işleminin yapılacağı düşünülmüştür.



Şekil 3.27. Bantlı konveyöre montajlı yıkama sistemi için yan kesit yerleşim taslağı

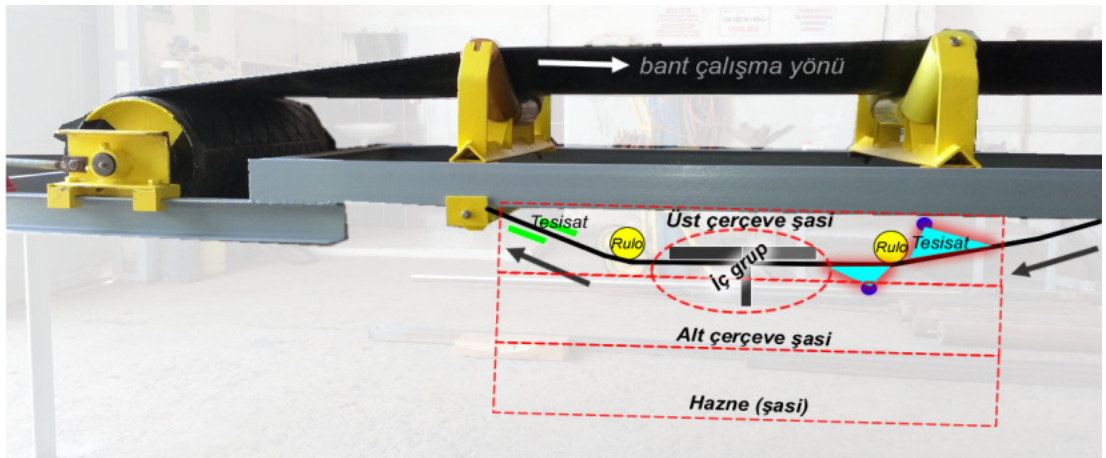


Konveyör bant tasarım çalışmasında olduğu gibi yıkama sisteminin tasarımında da ayrı işlevlere sahip ekipmanları gruplandırarak bir tasarım şeması oluşturulmuştur. Böylece ilgili pozlar üzerinde değişiklik, düzeltmeler ve eklemeler yapıldıkça izlenebilir bir çalışma süreci oluşturulmuştur. İmalat ve deneysel çalışmalar sonucunda hangi grupta iyileştirilmeler yapılacağı daha tanımlanabilir ve geriye yönelik incelenebilir duruma gelmiştir.



Şekil 3.28. Yıkama sistemi tasarım şeması

Şekil 3.28.'de görülen yıkama sistemi şasi montaj grupları; sistemin konveyöre bağlantısı, sistem elemanlarının yıkama sistemi konstrüksiyonuna bağlantısını sağlayan parçalardan oluşmaktadır. Şasi sistemi fonksiyonlarına göre tasarım şeması uyarınca Şekil 3.29.'da görülen şasi, iç grup ve hazne grubu olarak düşünülmüştür. Şasi grubu içerisine yerleştirilen sistemleri taşıyan bir gövde olarak ve konveyör banta bağlantıyı sağlamak üzere geliştirilmiştir. Yıkama, sıyırma, kurutma gibi işlevleri yerine getiren parçalar ise iç gruba bağlı olarak düşünülmüştür.



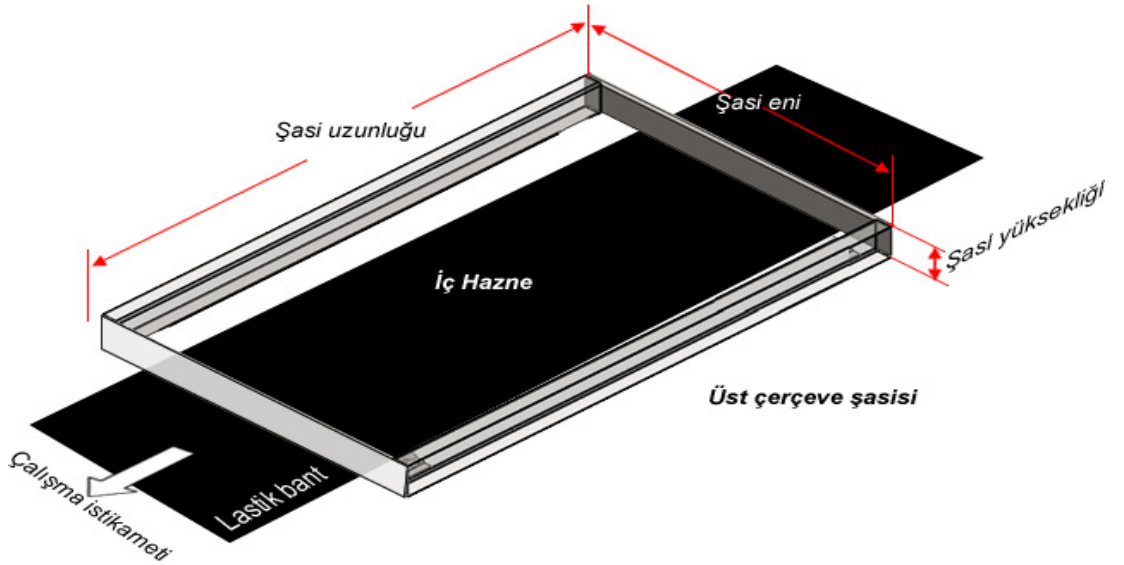
Şekil 3.29. Yıkama sistemi tasarım gruplarının gösterimi

### 3.2.4.2. Bileşenlerin boyutlandırılması

Yıkama sisteminin konveyör alt kısmına montajının yapılabilmesi ve bantın çalışma eksenini yıkama sisteminin içine alabilmesini için bir çerçeve konstrüksiyonuna ihtiyaç vardır. Üst ve alt çerçeve şasisi olarak adlandırılan bu montaj grubunun boyutlandırılması ise aşağıda belirtilmiş diğer pozlara bağlıdır.

- Bantlı konveyör çelik şasi grubu boyutları
- Lastik bant eni
- Sıyırıcı aparat boyutları
- Yıkama aparatları boyutları
- Kurutma aparatları boyutları

Şekil 3.30.'da şasi üst çerçeve için bilgisayar destekli katı model tasarım ortamında genel bir taslak oluşturulmuştur. Yıkama sistemi şasisinin eni 950mm olarak tasarımı ve imalatı yapılan konveyör şasisi ebatları ile sınırlıdır, uzunluğu ise yerleşimi yapılacak sistemlerin boyutlarına bağlıdır, bundan dolayı öncelikle yıkama, sıyırma ve kurutma gruplarının boyutlandırması yapılarak şasi tasarım aşamasına geçilmiştir.

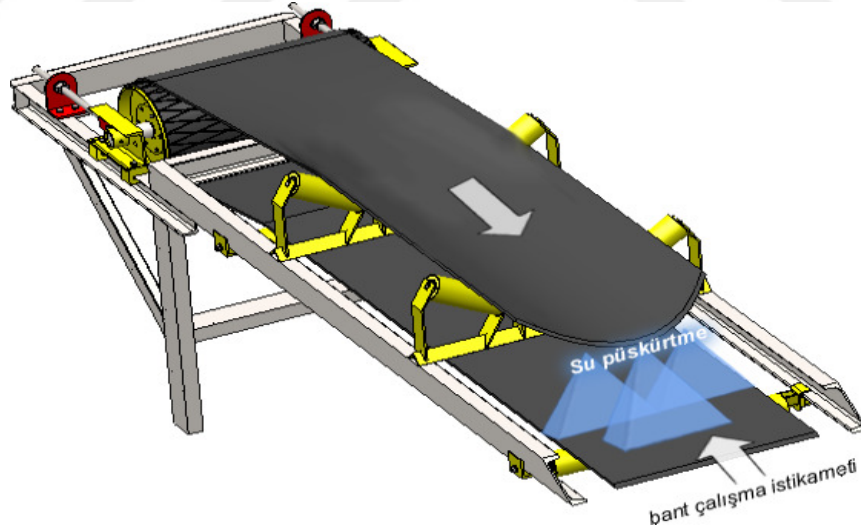


Şekil 3.30. Yıkama sistemi üst çerçeve formunun katı model olarak oluşturulması

İç grup Şekil 3.30.'da görülen iç hazne içerisine yerleştirileceği öngörülmüştür. İç grubun boyutları rulolar arası uzunluk ve şasi eni ile sınırlıdır.

İç grup tasarımına yıkama bölümü tasarımı ile başlanmıştır. Yıkama bölümünün ne kadar yer kaplayacağı su püskürtme metoduna bağlıdır. Yıkama işleminin Şekil 3.31'de görüldüğü gibi bantın çalışma yönüne dar açılı bir şekilde püskürtme yapılarak gerçekleştirileceği düşünülmüştür, buradaki amaç hem bantı hem de baskı rulosunu yıkamaktır. Bantın yüzeyinin basınçlı su partikülleri ile ıslatılarak bant üzerindeki yapışmış partiküllerin adezyon ve kohezyon kuvvetlerini azaltılması ile kolayca sıyırma işleminin gerçekleşmesi, ruloyu yıkayarak ise ruloya yapışan kirlilik kaynaklarını ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda bantın doğrudan su püskürtülemeyen diğer yüzeyinin de suyun bant kenarlarından taşınması neticesinde ıslandığı yıkama sistemi olmadan doğrudan su tutularak yapılan denemelerde gözlemlenmiştir. Bundan dolayı bantın altta kalan yüzeyini ıslatacak ek bir püskürtme sistemi tasarıma dahil edilmemiştir.



Şekil 3.31. Katı model bant kesitinde su püskürtme yöntemi gösterimi

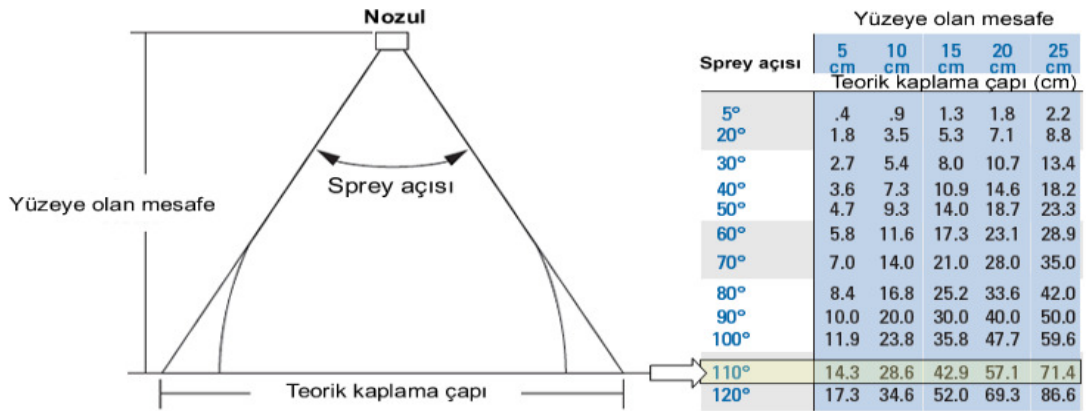
Püskürtme işlemi nozul ismi verilen meme parçaları ile yapılabilmektedir. Spreyleme işleminin yüzeyde düz bir kesitte tarama yaparak bant

yüzeyini daha etkili temizleyeceği öngörülmüştür, bundan dolayı Şekil 3.32. (a)'da gösterilen flat tip düz püskürtme kesitli nozul tipi seçilmiştir.



Şekil 3.32. Nozul tipleri ve daire içerisinde gösterilmiş püskürtme alanları

Yerleşimi yapılacak nozul sayısı, bant yüzeyine ne kadar mesafede yerleşim yapılacağına ve seçilecek nozul sprej açısına bağlıdır. Bu seçim parametreleri bant üzerine püskürtülecek suyun miktarını belirlediğinden, bu tez çalışmasında asgari seviyede su tüketen bir sistem ortaya çıkarabilmek için en az nozul sayısı ile etkili temizlik hedeflenmiştir. Bundan dolayı Şekil 3.33.'da üretici kataloglarında belirtilen en geniş sprej açısı seçilmiştir. Buna göre nozul tipleri 110° sprej açılı olacaktır. Bu noktada yıkama sistemi şasi çerçevesi yüksekliği, yüzeye olan mesafeyi belirleyici bir unsurdur.



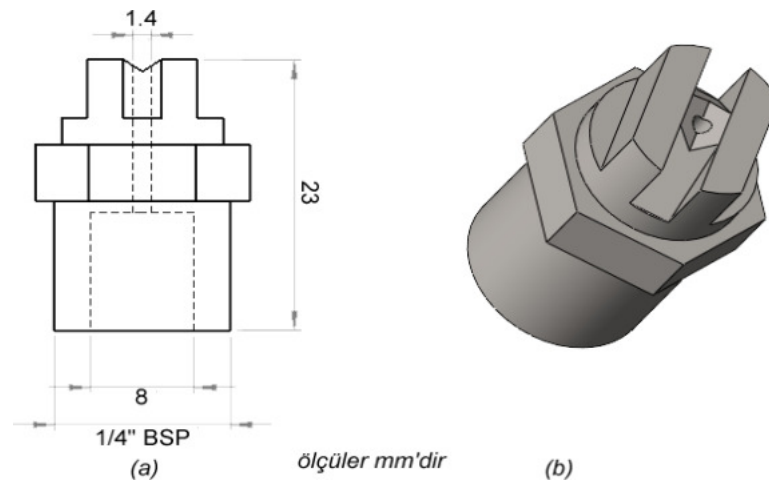
Şekil 3.33. Nozul etki alanı için sprej açısı seçimi [65]

Çizelge 3.3. Nozul etki alanı için nozul çapı seçimi [66]

Standart açı	Orifis çapı	Su giriş basıncına göre kapasiteler litre/dakika									Basınca göre açılar (°)*			
		0.4	0.7	1.5	2	3	4	6	7	15	1.5	3	6	15
110°	.66	.14	.19	.28	.32	.39	.46	.56	.60	.88	94	110	121	124
	.81	.22	.29	.42	.48	.59	.68	.84	.90	1.3	97	110	121	124
	.89	.29	.38	.56	.64	.79	.91	1.1	1.2	1.8	98	110	120	123
	1.1	.43	.57	.84	.97	1.2	1.4	1.7	1.8	2.6	99	110	120	123
	1.3	.58	.76	1.1	1.3	1.6	1.8	2.2	2.4	3.5	100	110	119	122
	1.4	.72	.95	1.4	1.6	2.0	2.3	2.8	3.0	4.4	100	110	118	122
	1.5	.86	1.1	1.7	1.9	2.4	2.7	3.4	3.6	5.3	101	110	117	122
	1.8	1.2	1.5	2.2	2.6	3.2	3.6	4.5	4.8	7.1	102	110	117	121
	2.0	1.4	1.9	2.8	3.2	3.9	4.6	5.6	6.0	8.8	103	110	117	119
	2.4	2.2	2.9	4.2	4.8	5.9	6.8	8.4	9.0	13.2	104	110	117	118

Belirlenen kaplama çapı doğrultusunda nozul çapı seçimi Çizelge 3.3.'te sunulan katalog değerlerinden seçilmiştir. Buna göre Flat tip 110° sprey açılı 1,4mm orifise sahip nozullar için işletme şartlarında tesisat suyu ile 1,4-2,8 litre/dakika arasında su tüketimi olacaktır. Etkili temizlik için gerekli su tüketimi tez konusunun deneysel çalışmalarını oluşturmuş, seçilen nozul etkinliği ve sayısı bu deneyler neticesinde yorumlanmıştır.

Katalogdan belirlenen nozul ölçüleri Şekil 3.34.(a).’da gösterilmiştir. Bu doğrultuda Şekil 3.34. (b).’de görülen katı model tasarımı yapılmıştır.



Şekil 3.34. (a) Katalogdan seçilen nozul ölçüleri (b) nozul katı model tasarımı

Nozulların bir boru parçasına bağlı olarak beslenmesi gerekmektedir, sistemin su ihtiyacı tüm işletmelerde rahatlıkla bulunabilen tesisat suyundan karşılanacak şekilde düşünülmüştür. Püskürtme nozulları dağıtıcı (kolektör) ismi verilen bir boru parçası üzerinde konumlandırılmıştır. Yıkama için gerekli nozul seçimlerinden yola çıkılarak gerekli boru çapı hesabından nozullerin bağlanacağı bir dağıtıcı tasarımı yapılmıştır. Buna göre;

Nozulların toplam su tüketimi;

$$2,8 \text{ litre/dakika} \times 3 \text{ Adet nozul} = 8,4 \text{ litre/dakika'dır.}$$

Olabilecek ek ihtiyaçlar için su tüketiminin 2 katı bir debiyi karşılayacak bir su dağıtıcı boru kapasitesi belirlenmiştir. İşletme tesisatlarındaki genel olarak minimum su hızı = 1 metre/saniye'dir. 16,8 litre/dakika su tüketimi için gerekli minimum boru çapı hacimsel debi formülünden aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

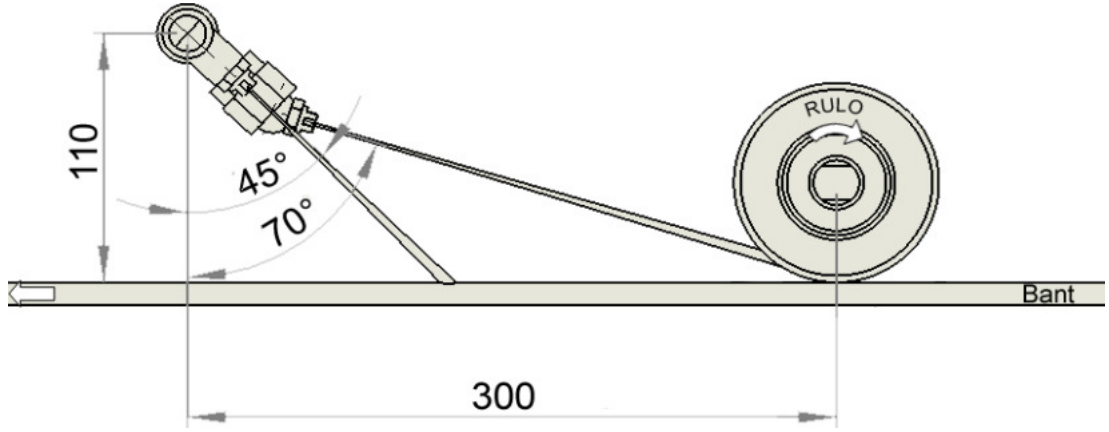
$$Q_v = V \times d \quad (3.7)$$

$$16,8 \frac{\text{litre}}{\text{dakika}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litre}} \times \frac{1 \text{ dakika}}{60 \text{ saniye}} = 1 \frac{\text{metre}}{\text{saniye}} \times \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (3.8)$$

$$\text{Ø}D = 0.018 \text{ m} = 18 \text{ mm} \quad (3.9)$$

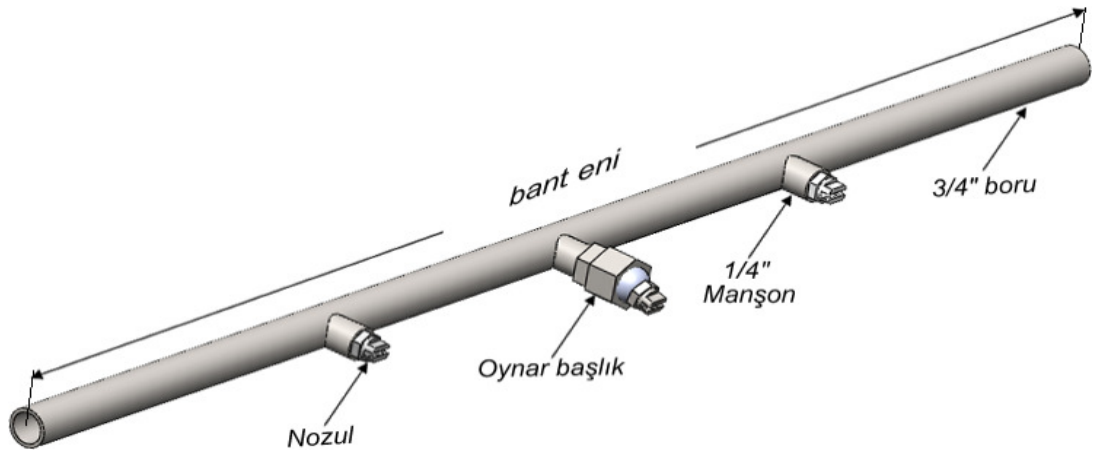
18mm hesaplanmış boru çapı için seçilebilecek en yakın kesit; nominal çapı 20mm olan DIN2448 dikişsiz boru standardına göre Ø26,67x2,11mm ölçüleridir.

Belirlenen çap doğrultusunda nozul kaplama alanları bilgilerini kullanılarak nozul yerleşim açıları bant için 45° ve rulo için 70° olarak belirlenmiştir. Buna göre ortada bir adet nozul ruloyu yıkayacak, diğer nozullar bantı doğrudan yıkayacaktır. Ruloyu yıkamaktaki amaç üzerine aldığı ilk kirlilik parçacıklarını bant temasından ayrıldıktan hemen sonra yıkayarak bertaraf etmek ve ruloyu yeni tura temiz girmesini sağlamaktır. Bu tasarım yaklaşımı ve açılar doğrultusunda bantı su ile tarayacak alanlar belirlenerek Şekil 3.35.'te görülen ölçülendirmeler belirlenmiştir.



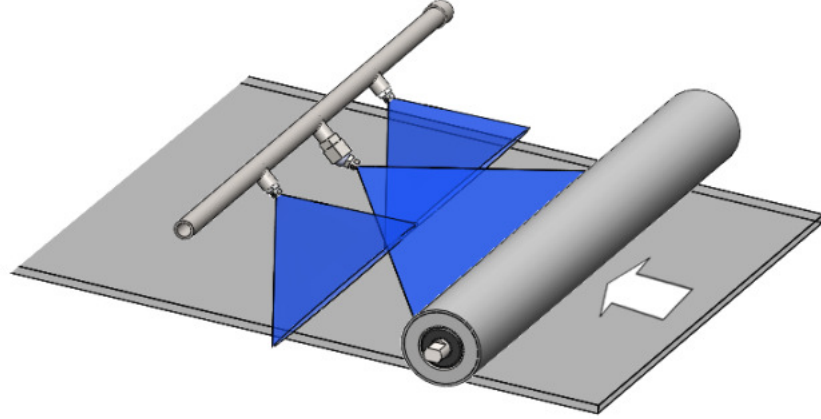
Şekil 3.35. Su püskürtme kolektörü açısız tasarımının yandan görünümü

Şekil 3.35.'te verilen açı ve ölçüler doğrultusunda toplam 3 adet nozulun yeterli olduğu görülmüştür. Nozulların dağıtıcı boruya bağlantısı için DIN2986 standardına göre 1/4" ölçüde manşon parçalar seçilmiştir. Buna göre 3 adet 1/4" dış bağlantılı nozul kolektör üzerine bant enine uygun olacak şekilde eşit mesafelerde yerleştirilmiş, orta kısımdaki nozulun açısının püskürme açısının rulo bölgesine verilmesine imkan vermek için ara oynar başlıklı bağlantı eklenmiştir. Bu ölçüler bilgisayar destekli tasarımda modellenerek Şekil 3.36.'da görülen montaj resmi oluşturulmuştur.



Şekil 3.36. Bilgisayar destekli su püskürtme kolektörü tasarımı

Bu tasarım çalışması doğrultusunda su püskürtme işlemi bilgisayar destekli modellenmesi sonucu ortaya çıkan izometrik görüntü Şekil 3.37'de gösterilmiştir.



Şekil 3.37. Bilgisayar destekli su püskürtme modeli

Lastik bant üzerine uygulanan yıkama işlemi ardından suyun ve kirliliğin bant üzerinden sıyırılması gerekmektedir. Püskürtülen su bant ilerleme hızına bağlı olarak bant ile beraber taşınmaktadır, bundan dolayı yıkama işleminden sonra sabit bir silgi sistemi ile bantın alt ve üst yüzeyleri sıyırılması gerekmektedir.

Bant üzerinde mekanik ekler, yapıştırma ve tamiratlar gibi girinti çıkıntılar olabileceğinden silgi parçasının elastik özellikleri olması gerekmektedir. Bu gibi yükseltmeler sıyırma işlemi esnasında her turda silgiye temas edeceğinden silgi tekrar eski şeklini zedelenmeden alabilmelidir.

Bu özelliklere en uygun malzemeler elastomer sınıfı geliştirilmiş kauçuklardır, bu çalışmada aşınma dayanımı fazla, sürtünme katsayısı emsallerine göre daha düşük olan poliüretan kauçuk tip silgi malzemesi tercih edilmiş olup özellikleri aşağıdaki gibidir.

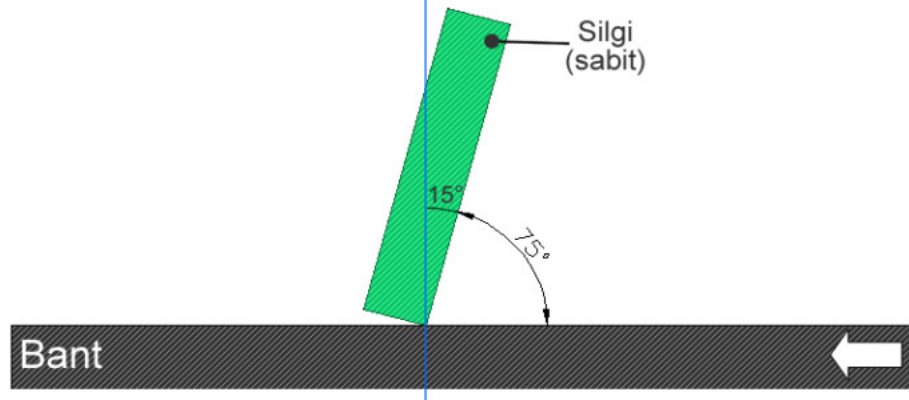
Malzeme: Poliüretan esaslı özel kauçuk, Dunlop Arkeen® 40 Shore A

Kalınlık: 10mm

Sıyırıcıların daha etkili olabilmeleri için Şekil 2.33.'te belirtilen negatif açı ile bant yüzeyine temas tercih edilmiştir. Negatif yön sıyırma, dikeyle 3° ile 15° açı

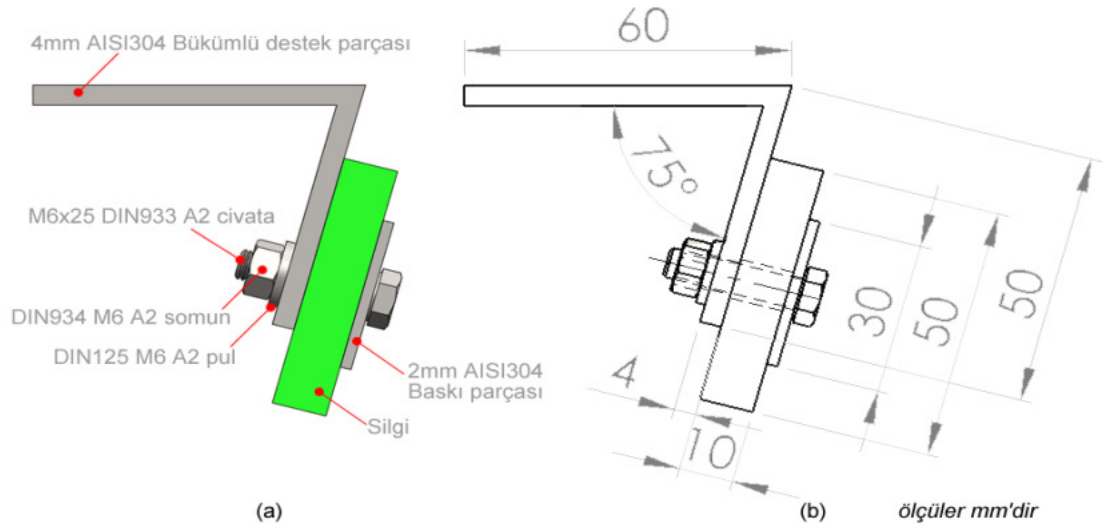


aralığında olabilmektedir [67]. Bu çalışmada Şekil 3.38.'de gösterilen  $15^\circ$  dikeyle açrı tercih edilmiştir.



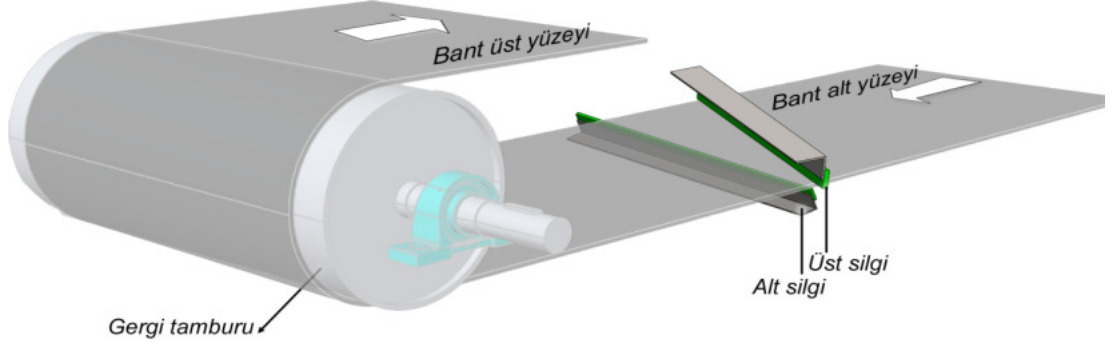
Şekil 3.38. Bant yüzeyinin negatif açı ile sıyırılmasının yan kesit gösterimi

Sıyırma işlemi gerçekleştiren silgi parçası elastik yapıda olması ve bant kuvvetlerine maruz kalmasından dolayı bir taşıyıcı parça üzerine sabitlenmesi gerekmektedir. Bu parça aynı zamanda silginin istenen açıda banta temas edebilmesini sağlamalıdır. Silgi açısını sağlamak ve destek parçasına bağlantıyı oluşturmak amacıyla Şekil 3.39.'da görülen tasarım oluşturulmuştur.



Şekil 3.39. Sıyırıcı parçaları (a) genel montaj tasarımı (b) boyutlandırılması

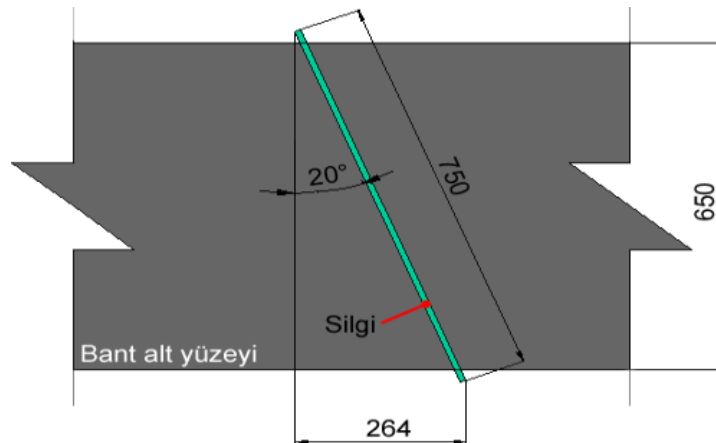
Alt ve üst sıyırıcıların uzunlukların ne kadar olacağı bant üzerindeki fonksiyonel yerleşimlerine bağlıdır.



Şekil 3.40. Alt ve üst sıyırıcıların yerleşim planı

Alt ve üst silgi parçası bant enini tamamen kaplayacak şekilde ve bant ayarsızlıklarını da göz önüne alarak bir miktar bantın dışına çıkıyor olmalıdır. Bu uzunluklar ile ilgili bir standart olmayıp tasarım çalışmasında silgilerin 25mm bant uçlarından dışarı çıkacağı varsayılmıştır.

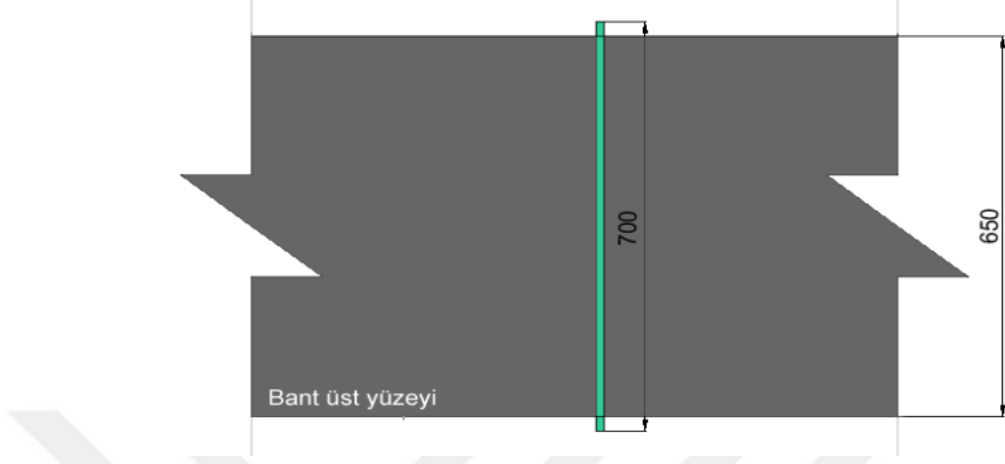
Şekil 3.40.'da görülen üst sıyırıcı yerleşimi daha fazla yüzeyi sıyırmak ve gelen su akışını tek tarafa yönlendirmek için çapraz yerleştirilmiştir. Yıkama kutusunun çok yer kaplamaması ve minimum açı ile yönlendirme sağlamak için bu açı Şekil 3.41.'de görülen yerleşim planı uyarınca  $20^\circ$  seçilmiştir. Buna göre üst silgi boyu 750mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.41. Üst silgi üstten görünüş yerleşim oryantasyonu

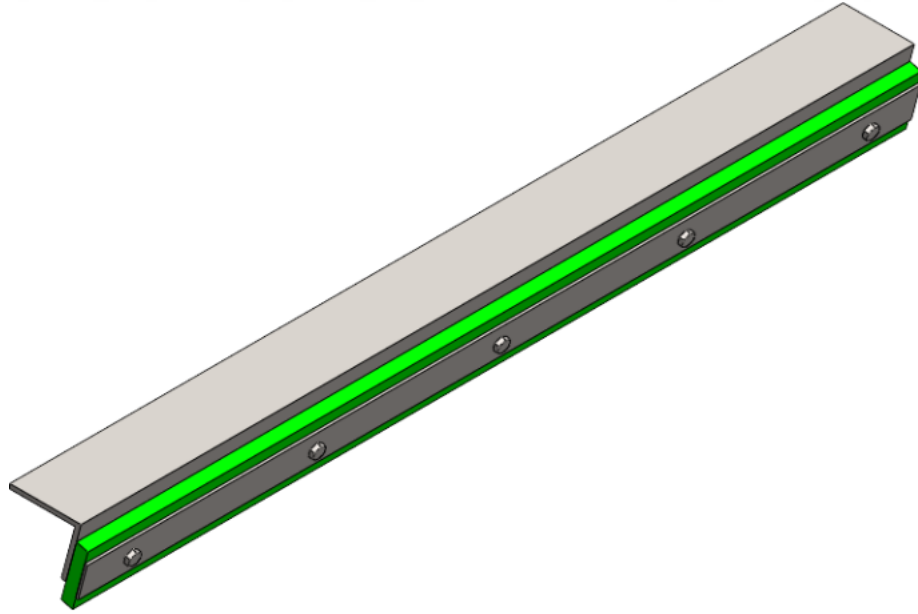
Alt sıyırıcı ise daha az miktarda suyu sıyıracağı için aynı zamanda yer çekimi etkisi altında akma eğiliminde olan yüzeydeki suyu en kısa kesitte sıyırma

gerekliliğinden dolayı Şekil 3.42.'de görüldüğü gibi düz yerleştirilmiştir. Buna göre alt sıyırıcı uzunluğu 700mm olarak belirlenmiştir.



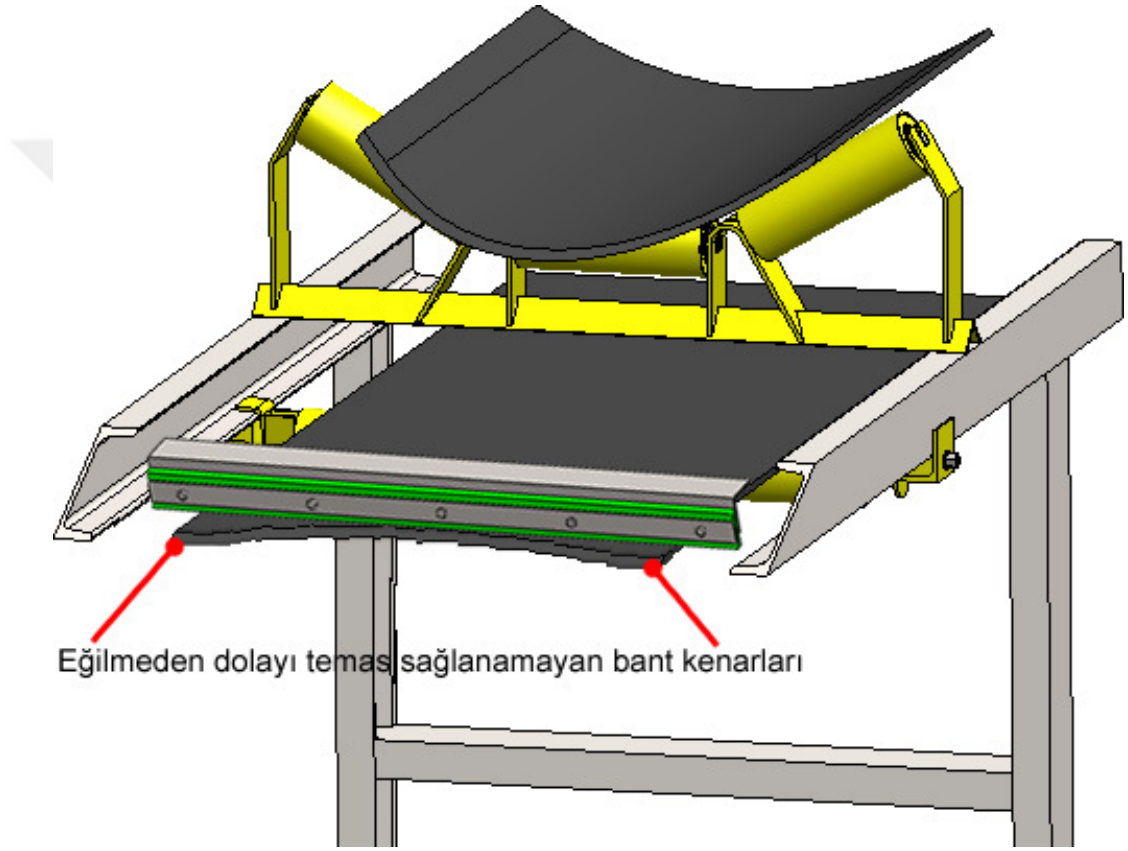
Şekil 3.42. Alt silgi üstten görünüş yerleşim oryantasyonu

Belirlenen boyutlandırmalar doğrultusunda Şekil 3.43.'te görülen alt ve üst sıyırıcı bilgisayar destekli katı model tasarımı yapılmıştır.



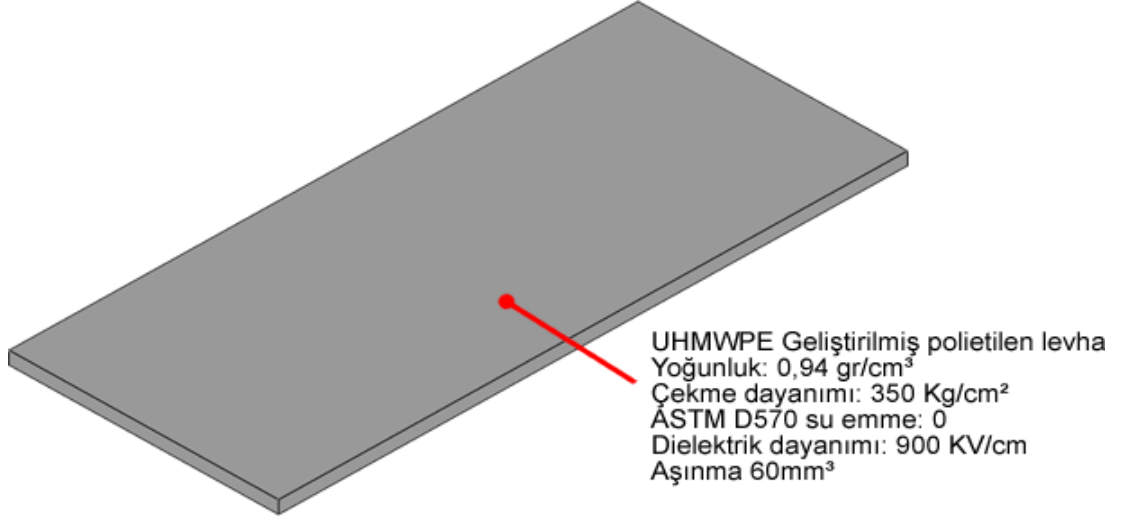
Şekil 3.43. Sıyırıcı katı model tasarımı

Bant sıyırma tekniğinde karşılaşılan en büyük problemlerden biri de bant silgisinin bant üzerine eşit temas etmeme durumudur. Bantın elastik yapısı ve konveyör taşıyıcı ruloları üzerinde oluk formunu alması Şekil 3.44.'te görüldüğü gibi kalıcı şekil bozukluklarına yol açarak bantın tam bir düz satıhta olmasına engel olmaktadır. Bunu önleyebilmek için bantın bir kızak parçası üzerinde kayarak üstüne baskı yapılması silginin bantın üzerinde eşit ve tam bir temas yapmasını sağlayacaktır.



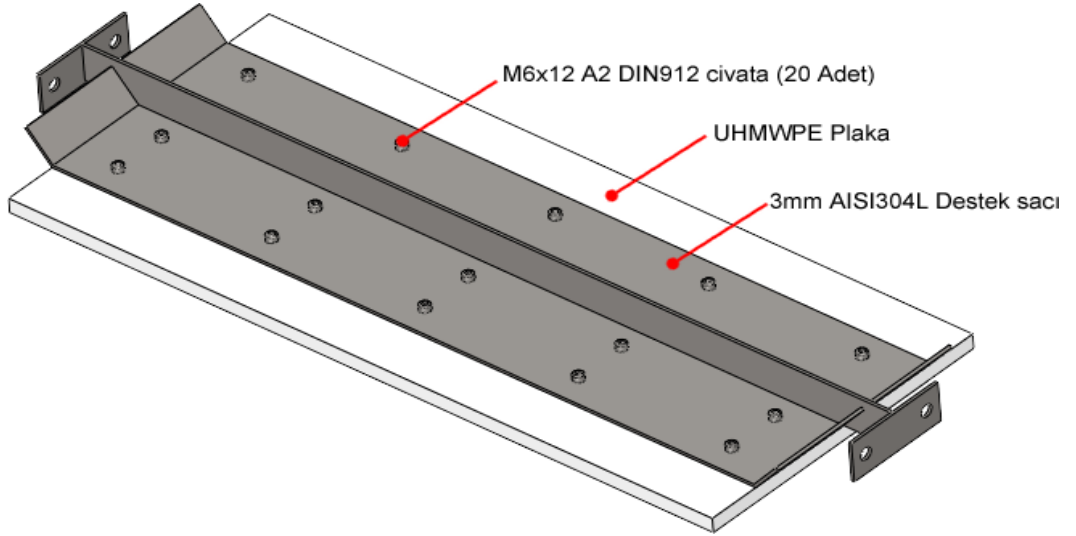
Şekil 3.44. Silgi temasının serbest bant kesiti üzerinde gösterilmesi

Bantın düz bir yüzey üzerinde sıyırıcı alanı kapsamında tutulması için Şekil 3.45.'te belirtilen kızak parçası tasarlanmıştır. Bu parça yüksek aşınma dayanımlı UHMWPE elastomer sınıfı malzemeden tercih edilmiş olup, boyutlandırması üst silgi basma alanı eni olan 263mm'den uzun olması gerektiği için 300mm olarak belirlenmiştir. Kızak parçası uzunluğu ise 25mm bant kenarlarından çıkacak şekilde 700mm olarak belirlenerek tasarım yapılmıştır.

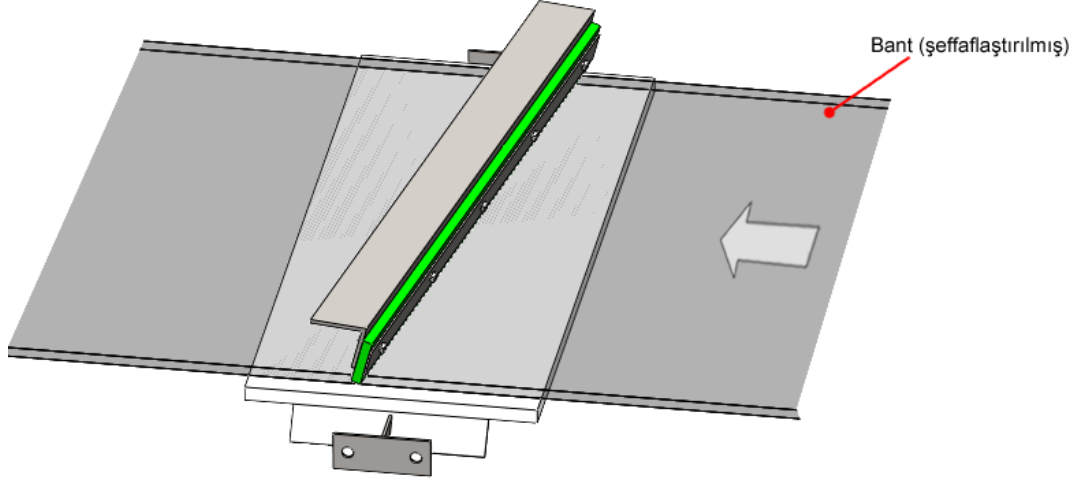


Şekil 3.45. Boyutlandırılan kızak parçasının katı model görünümü

Kızak parçasını bant altında tutabilmek için bir destek parçasına ihtiyaç vardır. Kızak parçasının sac taşıyıcı parçaya bağlantısı civata bağlantılı olarak yapılmıştır. Boyutlandırılan bu alt tabla parçasının montajlı katı model tasarımı görünümü Şekil 3.46.'da verilmiştir, buna göre suyun akışını kenarlardan vermek için bükümlü kenarlar ve dikey kuvvetlere dayanım için parça boyunca orta ekseninden destek parçası dahil edilmiştir. Şekil 3.47.'de alt tablanın bant ve sıyrıcı yerleşimdeki görünümü sunulmuştur.

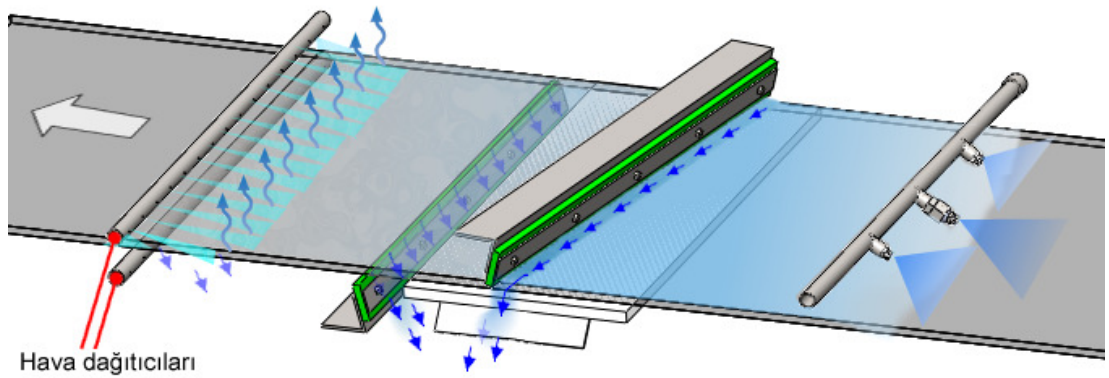


Şekil 3.46. Kızak parçası montajlı taşıyıcı tasarımı katı model tasarımı



Şekil 3.47. Bant üzerinde üst sıyrıcı ve kızak parçasının görünümü

Sıyırma işleminden sonra bantın yüzeylerinde ve kenarlarında su film tabakaları kalacağı düşünülerek bant yüzeyindeki suyu buharlaştırmak, aynı zamanda suyu bant dışına yönlendirmek amacıyla basınçlı hava akışı tercih edilmiştir. Su bantın her yerine taşındığı için bu işlemin bantın hem üst yüzeyinde hem de alt yüzeyinde yapılması gerekmektedir. Şekil 3.48.'de bantı yıkama ve sıyırma işleminden itibaren su ve kirliliğin banttan uzaklaştırılması şematik gösterimi yapılarak hava ile kurutmanın nasıl uygulanacağı öngörüsü yapılmıştır. Buna göre hava püskürtme işleminin banta yakın alt ve üst dağıtıcılar vasıtasıyla bir çok nozul deliğinden bantın çalışma yönüne ters uygulanacağı ön görülmüştür.



Şekil 3.48. Bant üzerinde hava püskürtme uygulamasının ön tasarımı

Bantın üzerinde ne kadar su kütlesi kalacağı sıyırmanın etkinliğine bağlıdır, ayrıca tek bir turda bant yüzeyinin tamamen kirlilikten arındırılmayacağı öngörüldüğü için kurutma işlemi çok değişken yüzey nem parametreleri ile yapılacaktır. Buradaki amaç hava hızının artırılarak zorlanmış taşınım etkisi ile kurutmayı hızlandırmaktır. Bantı tamamen kurutmak için ısı ve kütle transferi doğrultusunda ek enerji girdilerine ve hacimlere ihtiyaç duyulacağından, bunun yerine basınçlı hava kullanılarak daha pratik ve deneysel veriler doğrultusunda kurutma etkinliği incelenmiştir.

Hava ile kurutma için kompresör sıkıştırması ile elde edilen, şebekeye filtrasyon ve şartlandırma ile servis edilen, bir çok tesiste standart olarak kullanılan basınçlı hava tercih edilmiştir. Basınçlı servis havasının genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

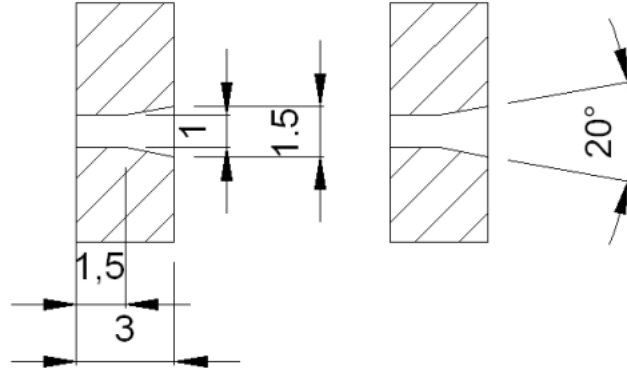
Basınç aralığı: 4-7 kg/cm<sup>2</sup>

Akış hızı: 6-12 m/s

Sıcaklık: 17-20°C

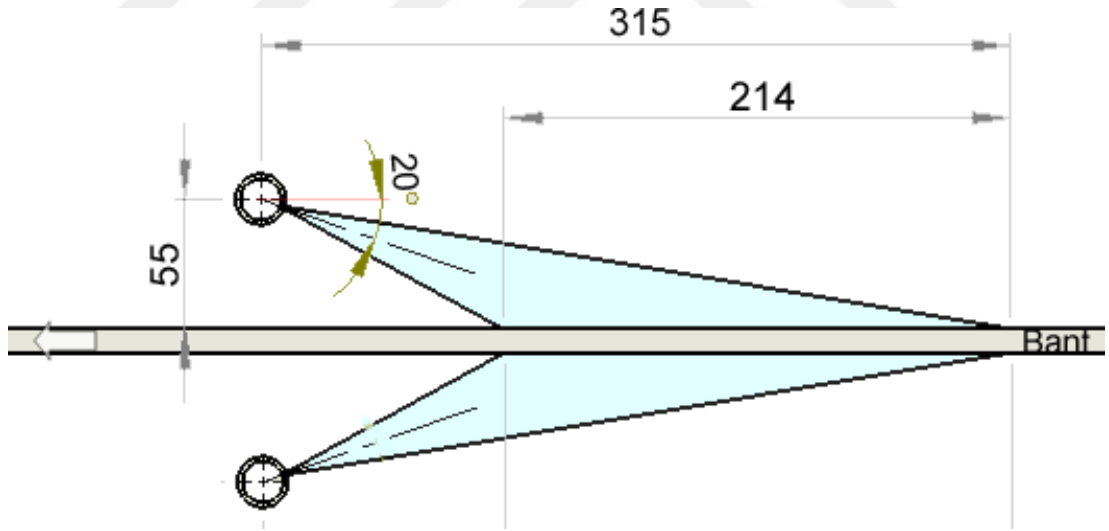
Nem: azami %10 (kurutucu ve filtrasyon sonrası)

Hava dağıtıcı kolektör dizaynı için öncelikle banta nasıl bir hava dağılımı yapılacağı ve bu doğrultuda gerekli nozul formunu seçmek gerekmektedir. Buna göre bant üst yüzeyi, bant alt yüzeyi ve bant her iki kenarının basınçlı hava ile süpürmesinin, kurutulmasının yapılması öngörülmüştür. Nozul çıkış açısı havanın kolektörden çıktıktan sonra temas etki alanını belirlediği için öncelikle açılarını incelemek gerekmiştir. En az kesit en fazla hava kuvvetini meydana getireceği için, etkili süpürme ve kurutma bakımından havanın mümkün olduğu kadar dar açı ile nozuldaki çıkması gerekmektedir. İmal edilebilir en düşük nozul açısı bu çalışmada 20° ve çap 1mm olarak tercih edilmiştir. Şekil 3.49.'da 3mm kesitli bir parçada konik nozul imalat ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 3.49. Hava nozulu açısı kesit gösterimi

Nozuldan  $20^\circ$  ile çıkan havanın bant üzerinde nasıl bir etkisi olacağını incelemek için Şekil 3.50.'de gösterilen çizim oluşturulmuştur. Havanın mümkün sınırlar çerçevesinde bantı en uzun kesitte tarayacağı yerleşimin 55mm kolektör yüksekliğinde, yatay eksenden  $20^\circ$  banta dönük açıda mümkün görülmüştür. Şekil 3.50.'de görüldüğü üzere bu uygulama aynı şekilde alt kısımda uygulanmıştır.

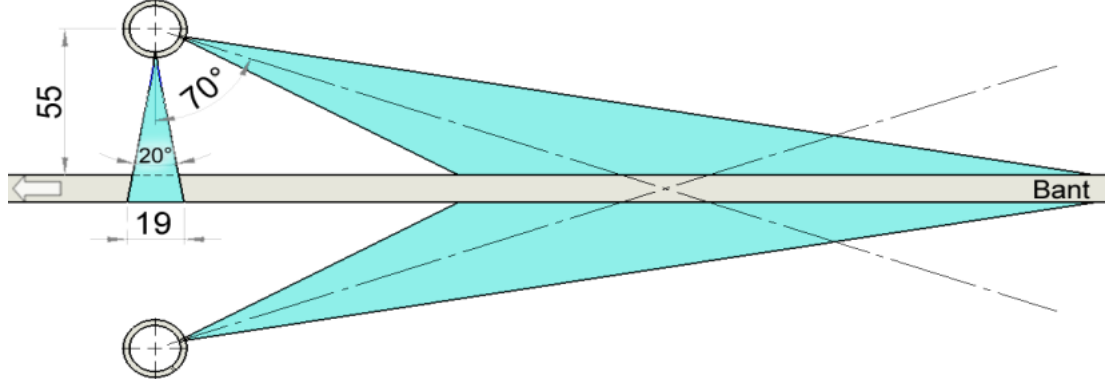


Şekil 3.50. Alt ve üst hava dağıtıcıları  $20^\circ$  nozul açısı ile bant yüzeyi hava taramasının kesit gösterimi

Bant kenarlarından taşınan su parçacıklarını banttan ötelemek ve kenar kesiti kurutmak amacıyla kolektöre ilave nozul deliklerinin açılması gerekmektedir. Bu nozullar, üst hava dağıtıcısında olup, banta dik konumda bant ölçüsüne göre

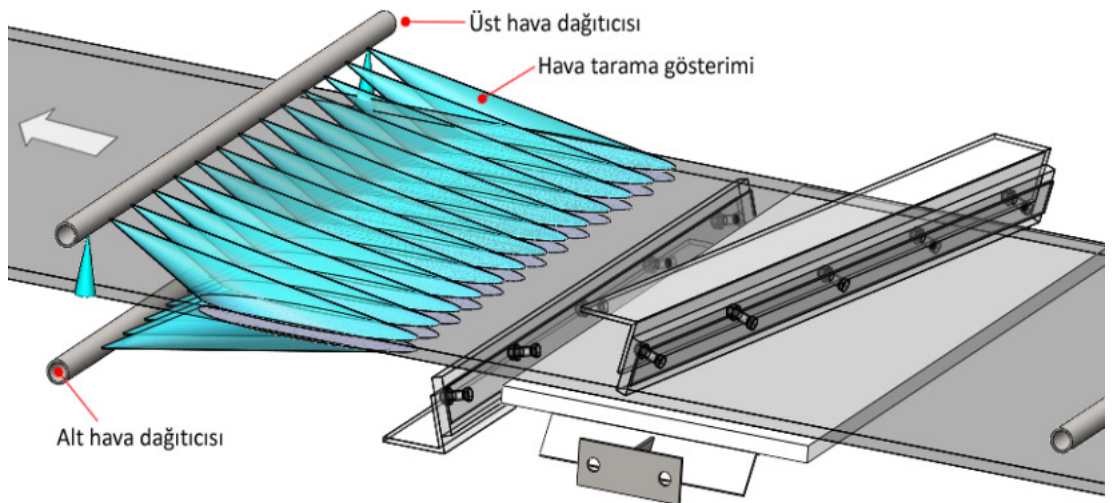


kenar kısımları kaplayacak şekilde yerleştirilmiştir. Bant kenar ekseninden birer adet açılacak bu delikler Şekil 3.51.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.51. Üst hava dağıtıcısı bant kenarını kurutma nozulu kesit gösterimi

Hava dağıtıcı ve nozul yerleşim detayları doğrultusunda yapılan katı modelleme çalışması ile dağıtıcı borunun üzerine kaç adet nozul yerleştirileceği belirlenmiştir. Şekil 3.52.'de 650mm deneysel banta göre hava dağıtıcıların yerleşimi ve hava nozullarının taradıkları alana göre yerleşimi gösterilmiştir. Buna göre belirlenen açılarda yerleşim neticesinde her 50mm'de bir adet nozul yerleştirilebileceğinden üst hava dağıtıcısında 15 adet, alt hava dağıtıcısında 13 adet nozul sayısı belirlenmiştir.



Şekil 3.52. Hava dağıtıcılarının bant üzerine nozul hava taramaları ile gösterimi

Hava dağıtıcının boyutlandırılması belirlenen nozul çapı ve sayısından yola çıkılarak yapılmıştır. Çizelge 3.4.'te gösterilen 1mm nozul çapına göre 2-10 bar çalışma basınçlarında hava debi değerleri incelendiğinde 0,0272-0,0721 Nm<sup>3</sup>/dakika aralığında değiştiği görülmektedir. Bu çalışmada en düşük hava tüketimi deneysel olarak belirleneceği için seçilen hava dağıtıcıdan geçen hava miktarı vana kontrollü olarak değişkenlik gösterecektir.

Çizelge 3.4. Farklı çalışma basınçlarında, belirli çaptaki nozuldan geçebilecek hava akışı (Nm<sup>3</sup>/dak) [68].

Nozul çapı	Çalışma basıncı (barg)					
	2	3	4	5	6	7
0,1	0,00027	0,00036	0,00045	0,00054	0,00063	0,00072
0,2	0,00109	0,00145	0,00181	0,00217	0,00252	0,00288
0,3	0,00245	0,00326	0,00406	0,00487	0,00568	0,00649
0,5	0,00681	0,00905	0,0113	0,0135	0,0158	0,0180
1,0	0,0272	0,0362	0,0452	0,0541	0,0631	0,0721
1,5	0,0613	0,0815	0,102	0,122	0,142	0,162
2,0	0,109	0,145	0,181	0,217	0,252	0,288

Boru çapının seçimi ise borudan geçecek azami hava debisiyle bağlantılıdır, boru içerisinde toplam akış miktarı nozul tüketimlerine bağlı olduğundan en fazla hava tüketimine göre boyutlandırma yapılmıştır.

Buna göre:

7 bar gösterge basıncında bir nozuldan hava tüketimi 0,0721 Nm<sup>3</sup>/dakikadır.

15 Adet nozul için toplam tüketim: 0,0721x15=1,08 Nm<sup>3</sup>/dakikadır.

Mutlak şartlar altındaki bu hava debisinin, sıkıştırılmış hava için ideal gaz denkleminde türetilmiş (3.10.) numaralı denklem vasıtasıyla hacimsel debi değerine dönüştürülmesi hesaplamalar için gereklidir.

$$Q_a = Q_N \cdot \frac{T_a}{T_N} \cdot \frac{P_a}{P_N} \quad (3.10)$$

Burada ;

$Q_a$ : Hacimsel hava akış debisi (m<sup>3</sup>/dakika)

$T_a$ : Sıkıştırılmış hava sıcaklığı (°K, 20°C için 293,16°K)

$P_a$ : Sıkıştırılmış hava basıncı (kPa)

$Q_N$ : Mutlak hava akış debisi (Nm<sup>3</sup>/dakika)

$T_N$ : 25°C Normal şartlarda hava sıcaklığı (298,16°K)

$P_N$ : Atmosfer hava basıncı (101,3 kPa=1 Atm)

Buna göre;

700 kPa gösterge basıncında 1,08 Nm<sup>3</sup>/dk. hava tüketiminin m<sup>3</sup>/dk karşılığı denklem (3.10) kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$Q_a = 1,08 \frac{\text{Nm}^3}{\text{dk}} \cdot \frac{293,16\text{K}}{298,16\text{K}} \cdot \frac{101,3\text{kPa}}{700\text{kPa}} \quad (3.11)$$

$$Q_a = 0,154 \text{ m}^3/\text{dk} \quad (3.12)$$

Boru içerisinde olabilecek azami hava akış hızı genel olarak 6m/s geçmemesi istenmektedir. Olası kesit daralmaları ve vana kısma işlemleri göz önüne alınarak 2 katı hıza uygun çap seçimi için boru içerisinde azami akış hızı 12m/s olarak belirlenmiştir.

Bu değerler doğrultusunda (3.3.) numaralı denklem kullanılarak hacimsel debi yöntemiyle çap tayin edilmiştir.

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_a}{v}} \quad (3.13)$$

Burada ;

$Q_v$ : Hacimsel hava akış debisi (m<sup>3</sup>/dakika)

v: Hava akış hızı (m/saniye)

D: Boru iç çapı (m)

olarak verilir.

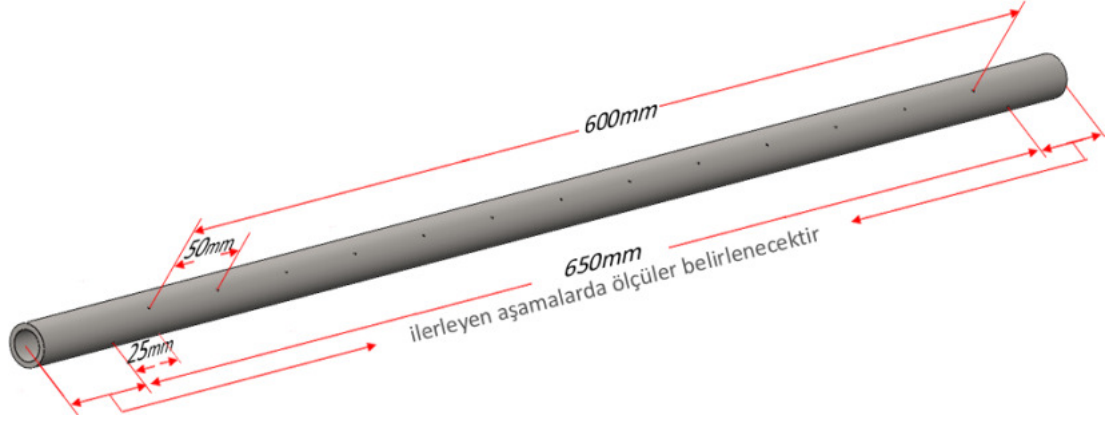
Buna göre;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,154 \text{ m}^3/\text{dk}}{\pi \cdot 60 \frac{\text{sn}}{\text{dk}} \cdot 12 \text{ m/sn}}} \quad (3.14)$$

$$D = 0,0165 \text{ m} = 16,5 \text{ mm} \quad \text{olarak elde edilir.} \quad (3.15)$$

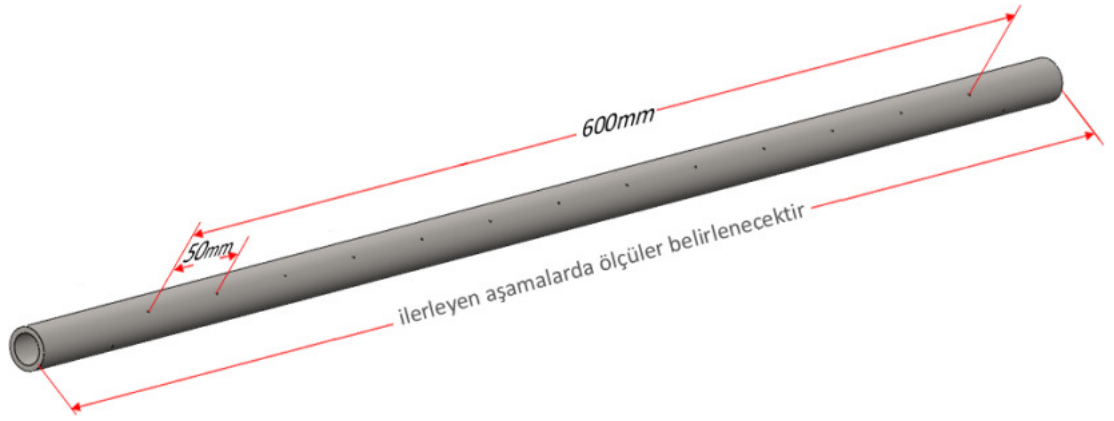
ASTM A213/A269 dikişsiz boru standardına göre bu ölçüye en yakın boru çapı 1/2” nominal ölçüsüdür. Tasarım çalışmasında Şekil 3.48.’de belirtilen nozul formunu verebilmek için standart üretim ölçüsü 22x3mm kesit ölçüsünde paslanmaz çelik boru seçilmiştir. Alt hava dağıtıcısında 13 adet nozul bulunmaktadır, imalat sürecini farklı ölçülerde etkilememek ve kolaylaştırmak açısından alt hava dağıtıcısında da aynı ölçüler tercih edilmiştir.

Boyutlandırma ölçüleri doğrultusunda ve 650mm eninde olan deneysel bant ölçülerine uygun olarak Şekil 3.53.’te görülen üst hava dağıtıcısı katı model tasarımı oluşturulmuştur. Havanın tek yönlü hareketi için ve bir uca sonlandırılması için dağıtıcı bir ucu sonlandırılmış şekilde tasarlanmıştır. Ölçülerden görüleceği üzere boru boyunun son ölçüsü açık bırakılmış ve yıkama haznesinin tasarımı yapılırken oluşturulması planlanmıştır.



Şekil 3.53. Üst hava dağıtıcı katı model tasarımı

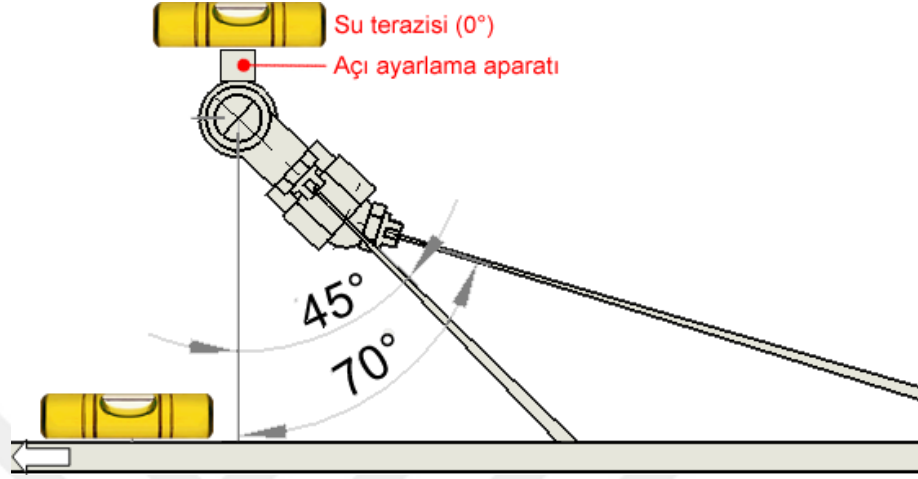
Alt hava dağıtıcısı için Şekil 3.54.'te görülen katı model tasarımı oluşturulmuştur. Alt hava dağıtıcısında bant kenarlarına üfleme tercih edilmediği için toplam 13 nozul yerleşimi bant enine uygun şekilde yapılmıştır. Dağıtıcı bir ucu sonlandırılması gerektiği için ise boru ucu kapalı tasarımı yapılmıştır. Üst hava dağıtıcısında olduğu gibi boru boyunun son ölçüsü açık bırakılmış ve yıkama haznesinin tasarımı yapılırken oluşturulması planlanmıştır.



Şekil 3.54. Alt hava dağıtıcı katı model tasarımı

Hava ve su dağıtıcı nozul açılarının istenen derecelerde banta yerleştirilebilmeleri için uygun açığa getirildiğinde yüzeye paralel duran (su terazisinde merkezli olan) rehber bir aparat parça tasarlanmıştır. Kolektör ortasında sabit Ø12mm çapta ve 15mm yükseklikte bir parça ile Şekil 3.55.'te gösterilen kesit

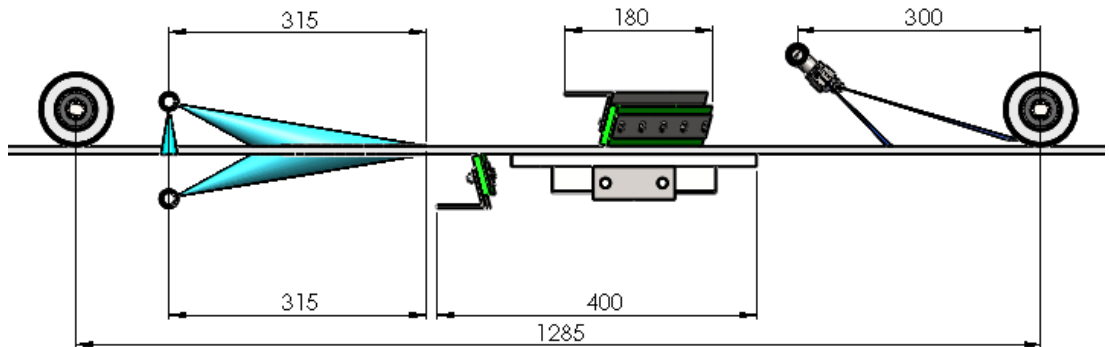
görünümde istenen açı, parça üstü banta paralel hale getirilerek ayarlanabilmektedir. Bunun için su terazisi veya dijital açı ölçerler kullanılarak rahatça ayarlama yapılacağı öngörülmüştür.



Şekil 3.55. Su nozul açısını banta paralel olarak ayarlamak için aparat tasarımı

#### 3.2.4.3. Şasi tasarımının oluşturulması

Yıkama sistemini oluşturan elemanlar üst çerçeve sınırlarını belirlemektedir. Yapılan boyutlandırma çalışmaları sonucunda ortaya çıkan uzunlukları Şekil 3.56.'da görüldüğü gibi bant üzerinde yerleştirerek çerçeve şasisi uzunluğunu belirlemeye çalışılmıştır.



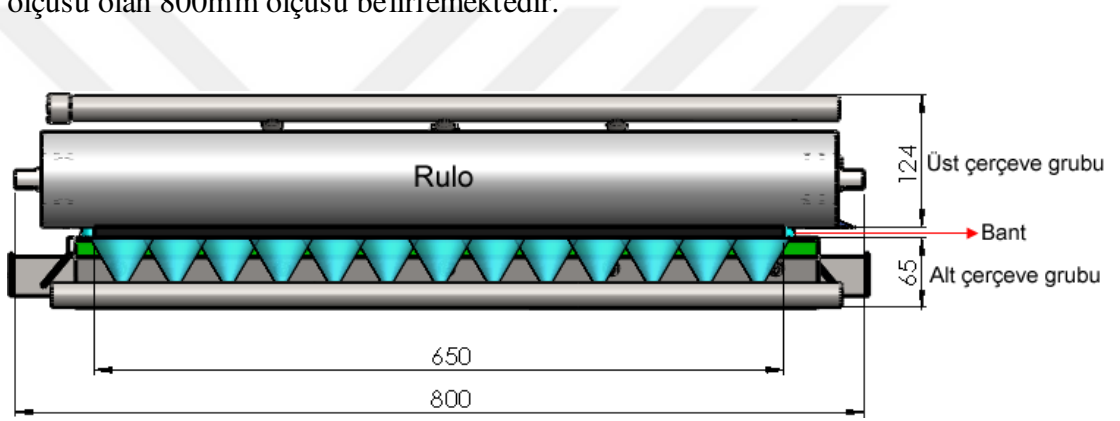
Şekil 3.56. Yıkama sistemi elemanlarının bant boyunca yerleşim uzunlukları

Buna göre;

İki rulo arasındaki mesafe Şekil 3.10'da belirtilen iki alt rulo mesafesi olan 1285mm değerinden fazla olamaz

Yıkama sistemi elemanlarının 1285mm uzunluk aralığında rahatlıkla yerleştirilebildiği görülmüştür.

Aynı şekilde yıkama sistemi elemanlarının Şekil 3.57.'de önden görünüş resminde görüldüğü üzere üst çerçeve şasisi enini konveyör bant standart rulosu en ölçüsü olan 800mm ölçüsü belirlemektedir.



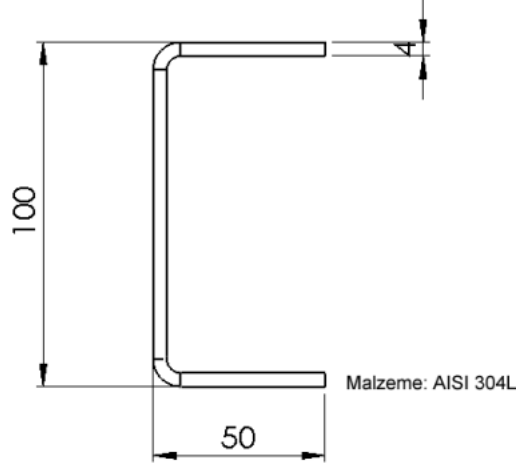
Şekil 3.57. Bant üzerinde yıkama sistemi elemanlarının önden görünüm resmi

Buna göre ;

Şasi çerçeve yüksekliği 124mm yükseklik ölçüsünü kapsamalıdır.

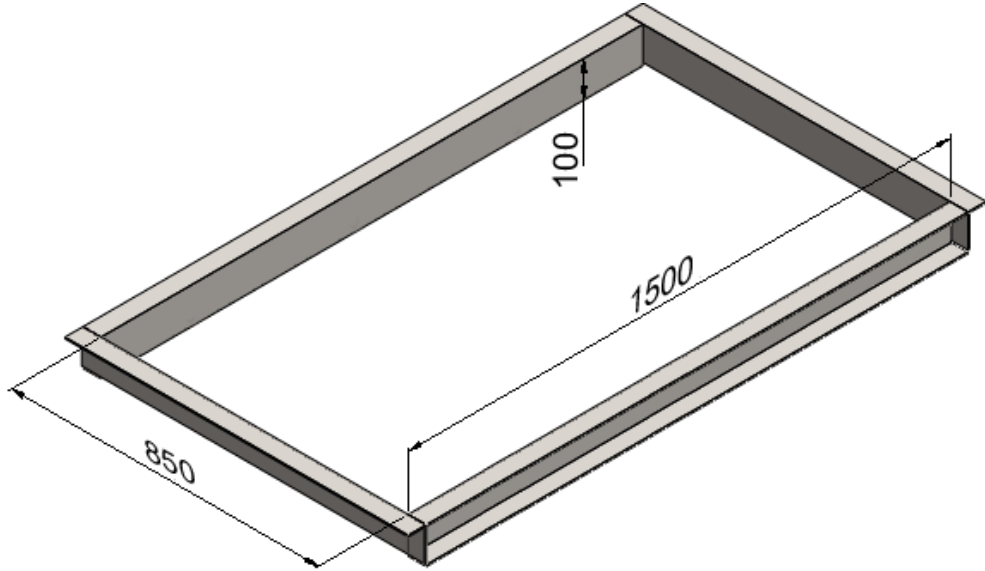
Çerçeve profili bant şasisine bağlantısı için ve altına bağlanabilecek ilave şasiler için U formunda olmalıdır.

Üst çerçeveyi oluşturmak için çerçeve şasisi profilini belirlemek gerekmiştir. AISI304 paslanmaz çelik 4mm levha malzemeden bükümlü olarak öngörülmuş üst çerçeve şasisi kesiti Şekil 3.58.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.58. Üst çerçeve bükümlü şasi profil ölçüleri

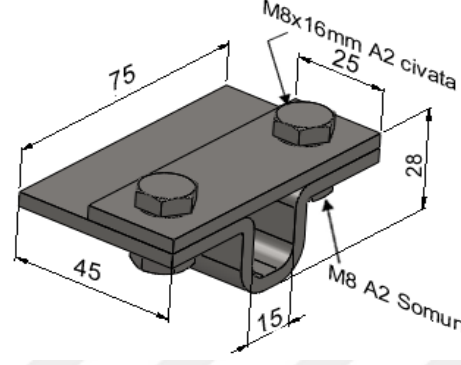
Belirlenen kriterlere bağlı olan ölçüler ve profil ölçüleri doğrultusunda Şekil 3.59.'da görülen üst çerçeve şasisi katı model tasarımı oluşturulmuştur. Buna göre birbirine kaynaklı olarak birleştirilmiş şasi çerçevesi içten içe uzunluk ölçüsü 1500mm, eni ise 850mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.59. Üst çerçeve şasi ölçüleri

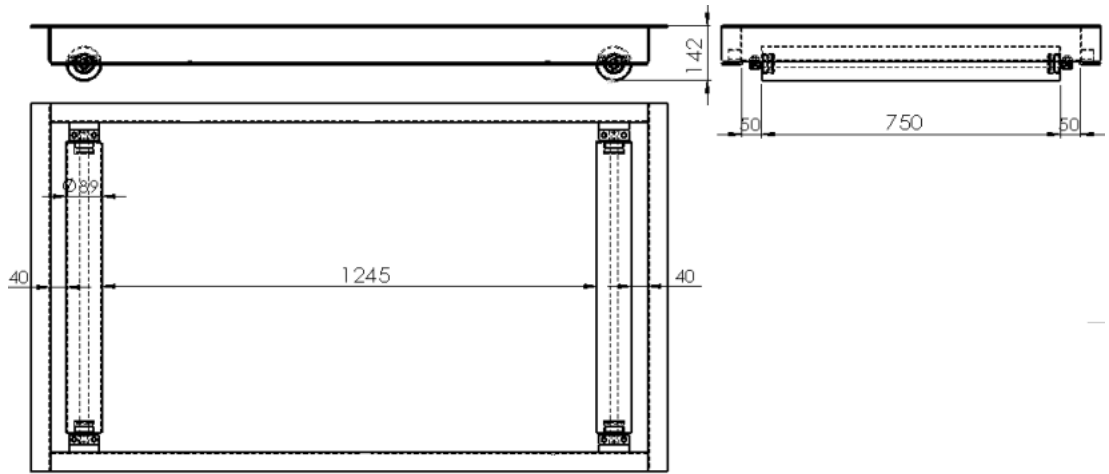


Üst çerçeve içerisine ruloların montajının yapılabilmesi için rulo taşıyıcı parçalarına ihtiyaç vardır. Şekil 3.60'da görülen montajlı parça karşılıklı olarak şasi gövdesine kaynaklı olarak ve rulo milini bir baskı parçası ile sıkacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.60. Montajlı ve ölçülendirilmiş rulo bağlantı braket

Rulo bağlantı braketleri ile giriş ve çıkış ruloları şasiye rahat montajı ve demontajı açısından 40mm mesafede yerleştirilmiştir. Şasi eninden ise merkezli montajı için her iki taraftan 50mm şasi boşluğu oluşturulmuştur, bu doğrultuda oluşturulan tasarımın izdüşüm görüntüleri Şekil 3.61.'de verilmiştir. Bu çizim doğrultusunda yıkama sistemi elemanlarının montajının yapılacağı uzunluk mesafesinin 1245 mm olduğu görülmüştür.



Şekil 3.61. Ruloların üst şasiye montajlı ISO-A izdüşüm görüntüleri teknik resmi

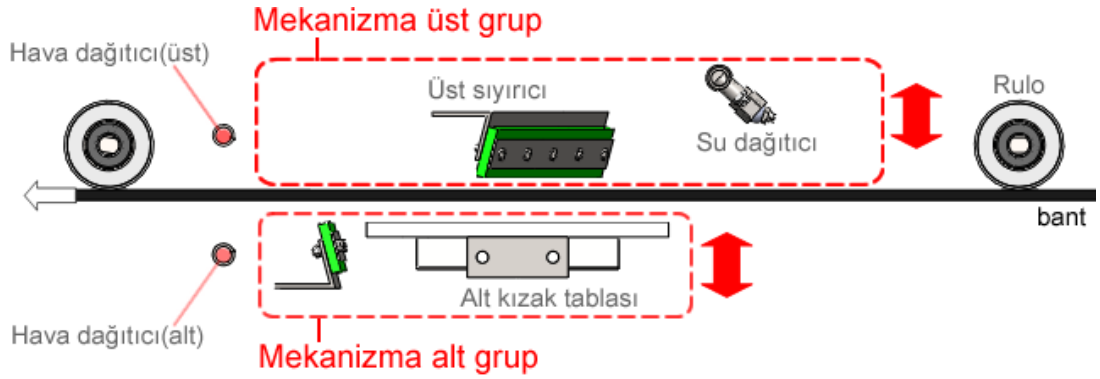
#### 3.2.4.4. Mekanizma tasarımının oluşturulması

Bantın yıkanmasına gereksinim duyulduğunda sistemin devreye alınması sağlayacak bir mekanizma tasarımı olmalıdır. Bu tasarımı ortaya çıkarmak için öncelikle tasarım gereksinimleri belirlenmelidir.

Sistem kullanılmadığı zaman bantla temas olmamalıdır, banta temas alt ve üst sıyırıcı sistemlerin baskısı ile olmaktadır, sürekli baskı sürekli aşınma ve banta ilave kuvvetlerin etki etmesinden dolayı daha fazla enerji tüketimi demektir. Bundan dolayı sistem çalışmadığı zaman banta sıyırıcı teması kesilmelidir.

Mekanizma hem alt sıyırıcı hem de üst sıyırıcıyı kontrol edebilmelidir. Ayrıca banta bir kızağın üzerinde baskı yapılacağından Şekil 3.46.'da görülen kızağın da bantla teması mekanizma kontrolünde olmalıdır.

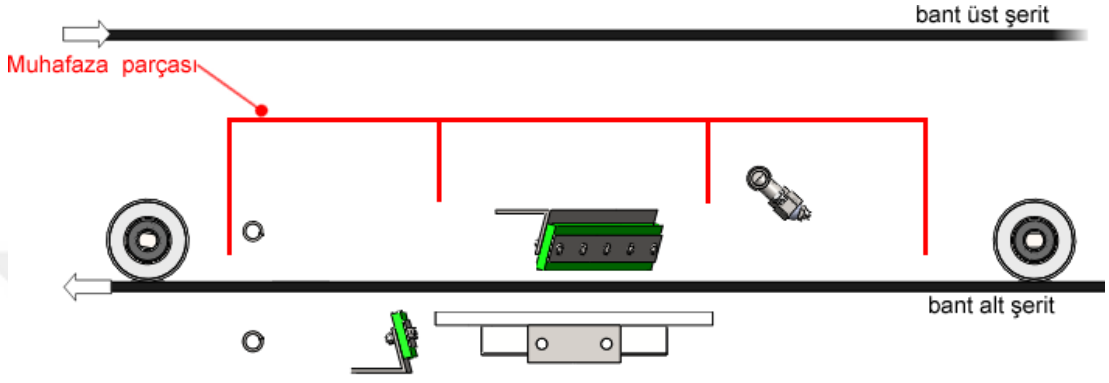
Bu öngörülerden yola çıkılarak mekanizma alt ve üst grup olarak ikiye ayrılmıştır. Şekil 3.62.'de mekanizma kapsadığı elemanlarla birlikte gösterilmiştir.



Şekil 3.62. Mekanizma elemanlarının seçimi ve gruplandırılması yandan görünümü

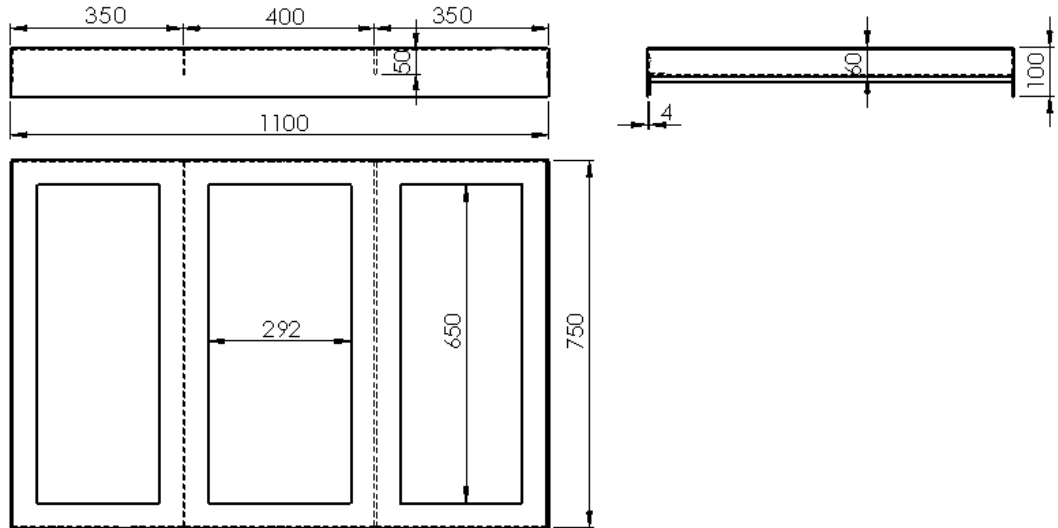
Bu durumda hava dağıtıcılarının mekanizmaya bağlı olma zorunluluğu yoktur. Alt kızak tablası ve alt silgi mekanizmaya bağlı hareket etmelidir, üst grupta bulunan sıyırıcı mekanizmaya bağlı hareket etmelidir.

Yıkama ve kurutma işlemlerinin yapıldığı esnada yıkama sistemi üzerinde kalan bant üst şerit akışının su ve kirlilikten etkilenmemesi gerekmektedir. Bu durumda üst sıyırıcı, hava ve su sistemlerini bir muhafaza içine almak gerekmektedir. Şekil 3.63.'de şematik olarak gösterilen muhafaza parçası, mekanizmaya bağlı bir uzuv olarak düşünülmüştür.



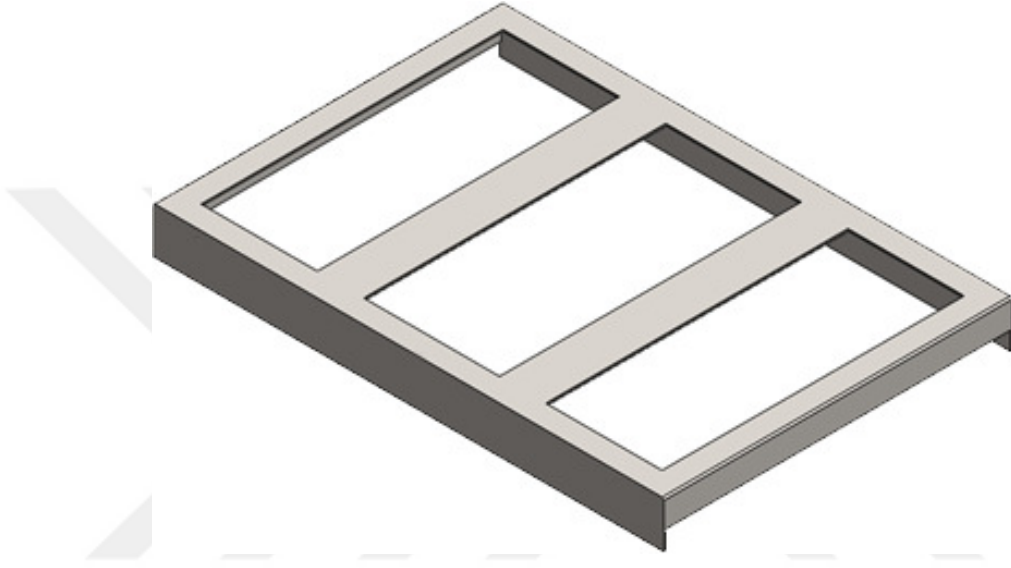
Şekil 3.63. Mekanizma üst grup muhafaza parçası yan görünüş şematik gösterimi

Bu doğrultuda Şekil 3.64.'te görüşleri verilen 4mm AISI304L sac parçalardan kaynaklı birleştirmeli olarak muhafaza parçası tasarlanmıştır.



Şekil 3.64. Üst grup muhafaza parçası ISO-A izdüşüm görünümleri teknik resmi

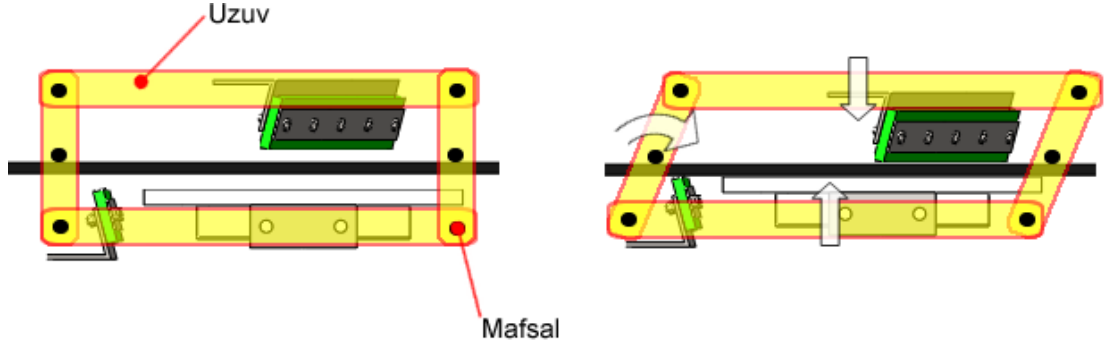
Tek parça halinde düşünülen muhafaza parçası üç ayrı bölmeden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Her bölme malzemenin hafifletilmesi ve bant üzerindeki işlemlerin gözetlenebilmesi açısından üst kısımlarında çerçeve açıklıkları oluşturulmuştur. Bu kısımlar şeffaf kapaklarla kapatılabilecek şekilde düzenlenmiştir. Muhafaza parçasının bu şekilde düzenlenmiş katı model hali Şekil 3.65.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.65. Üst grup muhafaza parçası katı model tasarımı izometrik görünümü

Yıkama, sıyırma ve kurutma aparatlarının sabitleme işlemlerinin şasi üzerinde desteklenmesi gerekmektedir. Bu açıdan üst grup muhafaza parçasının yıkama ve sıyırma elemanlarının bağlantısı için kullanılması düşünülmüştür. Bu bağlantıların konumları banta olan mesafelere göre ölçülendirilecektir. Hava kurutma elemanlarının banta yakın olması gerekliliği nedeniyle bu muhafaza parçasına sabitlenmesine gerek yoktur.

Alt ve üst gruplara mekanizma işlevi verebilmek için hareket etme biçimlerini incelemek gerekmiştir. Buna göre her iki grubun banta doğru hareket etmesi, birbirlerine doğru yaklaşımları gerekmektedir. Banta silgilerin baskı anında ise bu hareketin sonlandırılması gerekmektedir. Bu hareket ancak Şekil 3.66.'da görülen ters hareket üreten dört çubuk mekanizması ile yapılabilir.

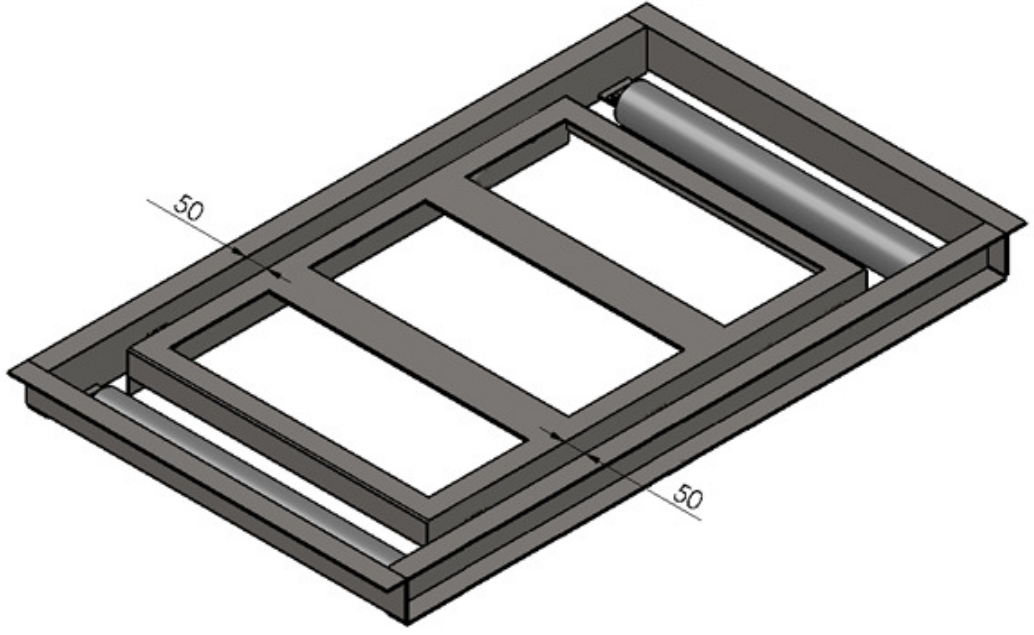


Şekil 3.66. Ters hareket üreten mekanizma yandan görünüş şematik gösterimi

Mekanizma; sabit bir mafsal üzerinde dönme hareketi yapan boyları eşit iki düşey parçanın, dönme eksenini boyunca yatay uzuvların paralellikini muhafaza ederek banta yakın konuma gelmektedir. Bu prensip doğrultusunda mekanizma detaylandırılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir.

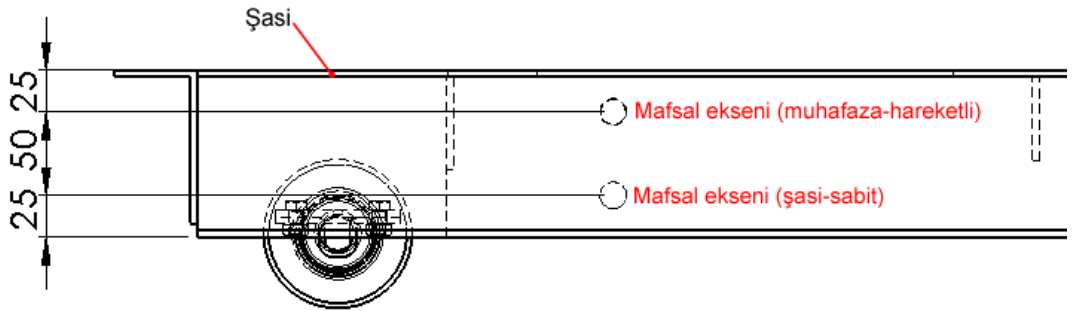
- Uzuvlar hareketli tüm elemanların bağlanacağı parçaları kapsamalıdır.
- Alt mekanizma grubu yıkama sistemi devrede değil iken, bantın yerçekimi etkisinde sarkabileceğinden banttın daha uzak bir mesafede olmalıdır.
- Üst mekanizma grubu ise bant şasisi altında kaldığı için bant şasisinden ve üst çerçeve şasisinden daha yüksek bir noktaya hareket etmemelidir.
- Mekanizma hareketi belirlenen sınırları yükseklikleri ve bant temas noktası arasında sınırlandırılmalıdır.
- Sınırlı hareket, insan gücü olmadan doğrusal bir hareket kaynağından mekanizmaya verilmelidir.

Buna göre üst grup muhafaza parçası üst taraftaki hareketin gerçekleşeceği uzuv olacaktır. Üst grup için mafsal yerlerinin belirlenmesine muhafaza parçasının üst grup çerçevesi içerisinde yerleşimi yapılarak başlanmıştır. Buna göre muhafaza parçası yerleşim Şekil 3.67.'de görüldüğü gibi üst şasiyle aynı yükseklikte ve enine eşit mesafelerde yerleştirilmiştir.



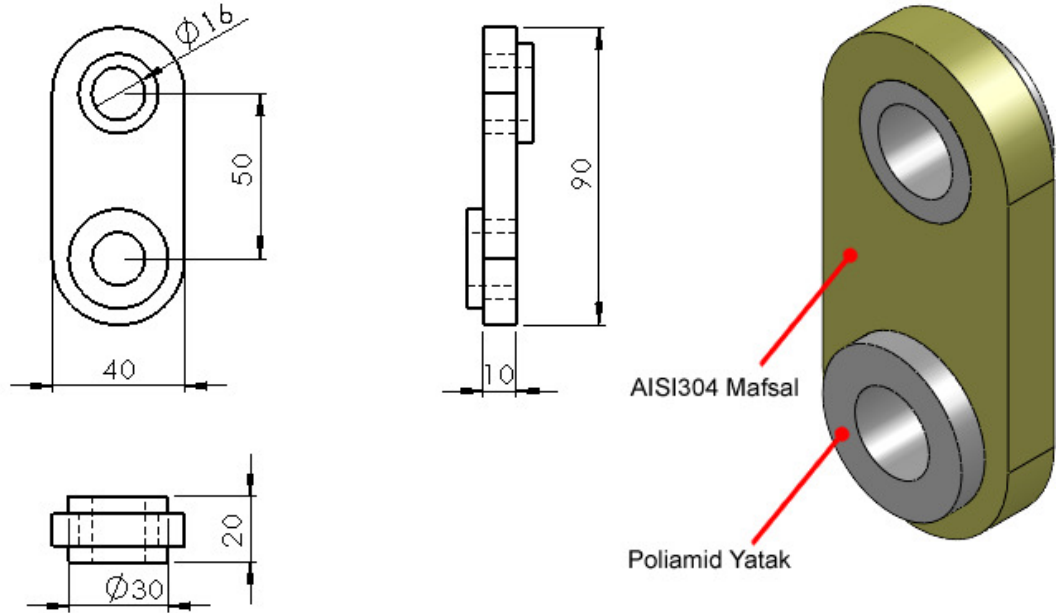
Şekil 3.67. Muhafaza uzvu için yerleşimin katı modelde izometrik gösterimi

Muhafaza parçasının banta doğru hareket edebilmesi için en az dört mafsala ihtiyaç vardır. Bu çalışmada muhafaza parçasında sehim istenmediği için altı mafsallı parçası ile tasarım yapılmıştır. Mafsalların bir ucu sabit, diğer ucu hareketli parçada olması gerektiğinden sabit parça çerçeve şasisi olarak belirlenmiştir. Mafsallı yapısını oluşturmak için şasi ve muhafaza parçası üzerindeki en uygun yerler belirlenerek eksenler Şekil 3.68.'de belirtilmiştir.



Şekil 3.68. Mafsal eksenlerin in şasi yan görünüş çizimi üzerinde gösterimi

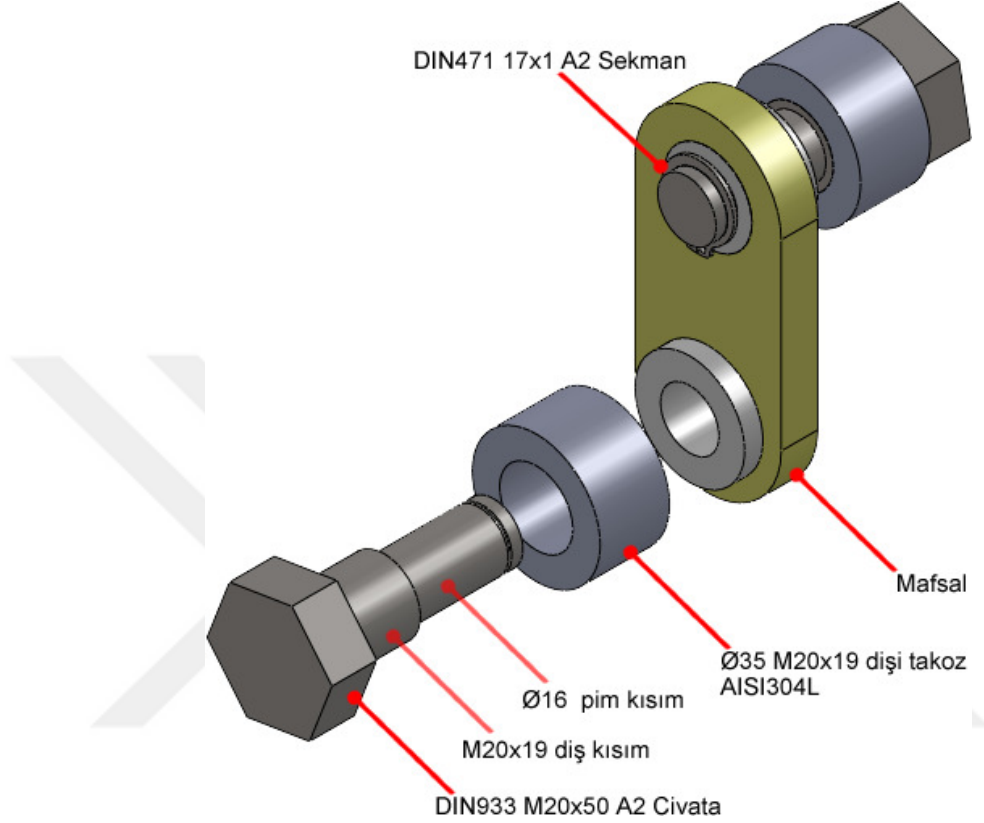
50mm olarak belirlenen mafsal eksenleri doğrultusunda 10mm kalınlıkta malzeme kullanılarak katı model tasarımı oluşturulmuştur. Mafsal parçalarının bir pim veya mil üzerinde dönmesi gerektiği için bu kısımların aşınmaya dayanıklı aynı zamanda sürtünme katsayısı düşük bir malzemedan tercih edilmeleri gerekmektedir. Mafsal için bu koşullara uygun poliamid esaslı Kestamid® malzeme tercih edilmiştir. Mafsal üzerinde bu yataklama parçaları sıkı geçme olacak şekilde montaj ilişkisi oluşturulmuştur. Bu doğrultuda ölçülendirilmiş ve katı model tasarımı oluşturulmuş mafsal Şekil 3.69.'da görülmektedir.



Şekil 3.69. Mafsal ISO-A izdüşüm görünümleri ve katı model izometrik görünümü

Mafsalların bağlantı yapılacağı pimlerin şasiye ve muhafazaya bağlantısı için bir klavuz parçaya ihtiyaç vardır. Takoiz ismi verilen bu klavuz parçaya pimler gevşemez sıklıkta bağlantılı olmalıdır. Pim parçası olarak özel bir parça oluşturmak yerine standart bir civatanın dış kısımlarını sabitleme amaçlı, uç kısmını da pim olarak kullanılması tercih edilmiştir. Bu kısmın mafsaldan çıkmaması için sınırlama elemanı olarak segman tercih edilmiştir. Bu doğrultuda tasarımları yapılmış katı modellerin montajlı ve patlatılmış görünümü Şekil 3.70.'de gösterilmiştir. Buna göre mafsal pimi sabitleme elemanı olarak Ø35mm dış çapta, 19mm uzunlukta içi

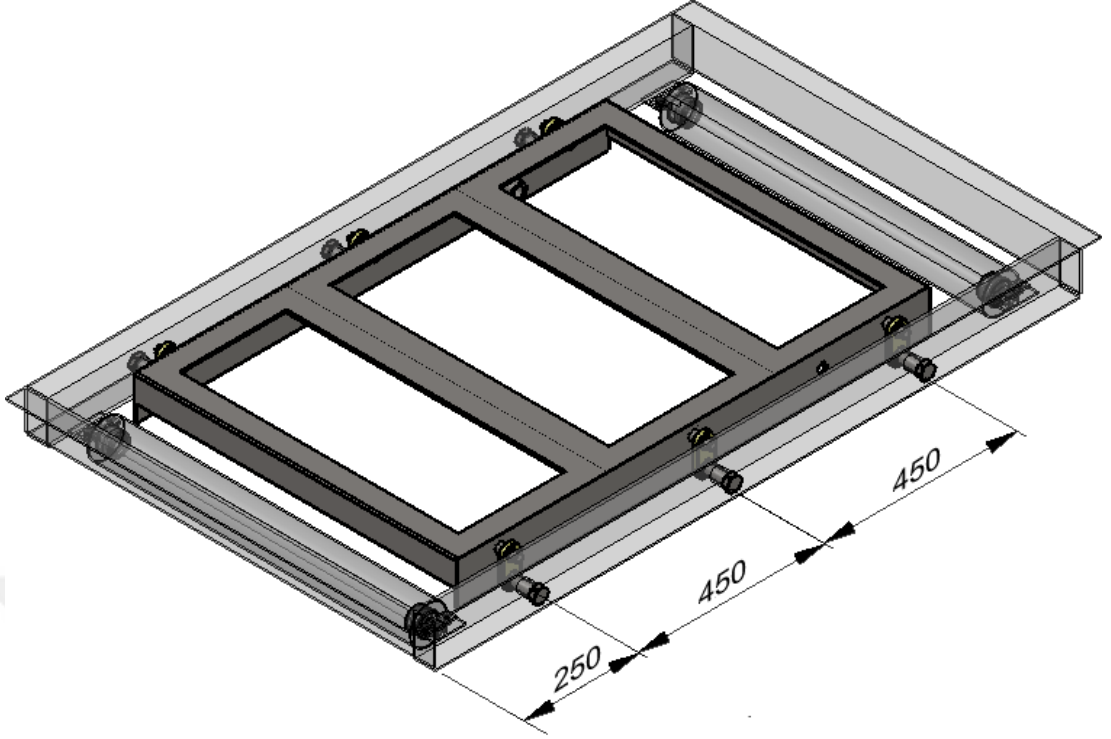
M20 diş 304L malzemeden imal takoz parçaları oluşturulmuştur, bu takozlara bağlantısı yapılacak olan M20x50mm civata uç kısımları Ø16mm çapta ve 30mm uzunluğunda pim olarak kullanılacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.70. Mafsal bağlantı parçalarının katı model montaj görünümüleri

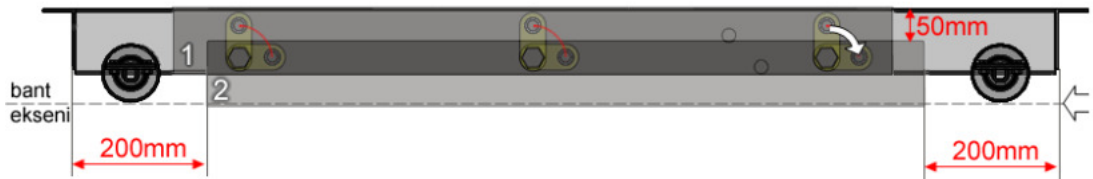
Katı model tasarımı montaj çalışmalarında tasarlanan mafsal parçaları Şekil 3.68.'de belirtilen eksenlerde uygulanmıştır. Ayrıca muhafaza parçası 3 noktasından üst grup şasisine Şekil 3.71.'de belirtilen ölçülerde bağlantısı yapılmıştır. Bu tasarımda takoz parçalar şasi ve muhafaza sac parçalarına kaynaklı bağlantılı olarak oluşturulmuştur. Montaj metodu olarak önce civata-pimlerin muhafaza ve şasi parçalarına bağlanacağı, ardından mafsal parçalarının takılıp segman parçaları ile sonlandırmanın yapılacağı öngörülmüştür.





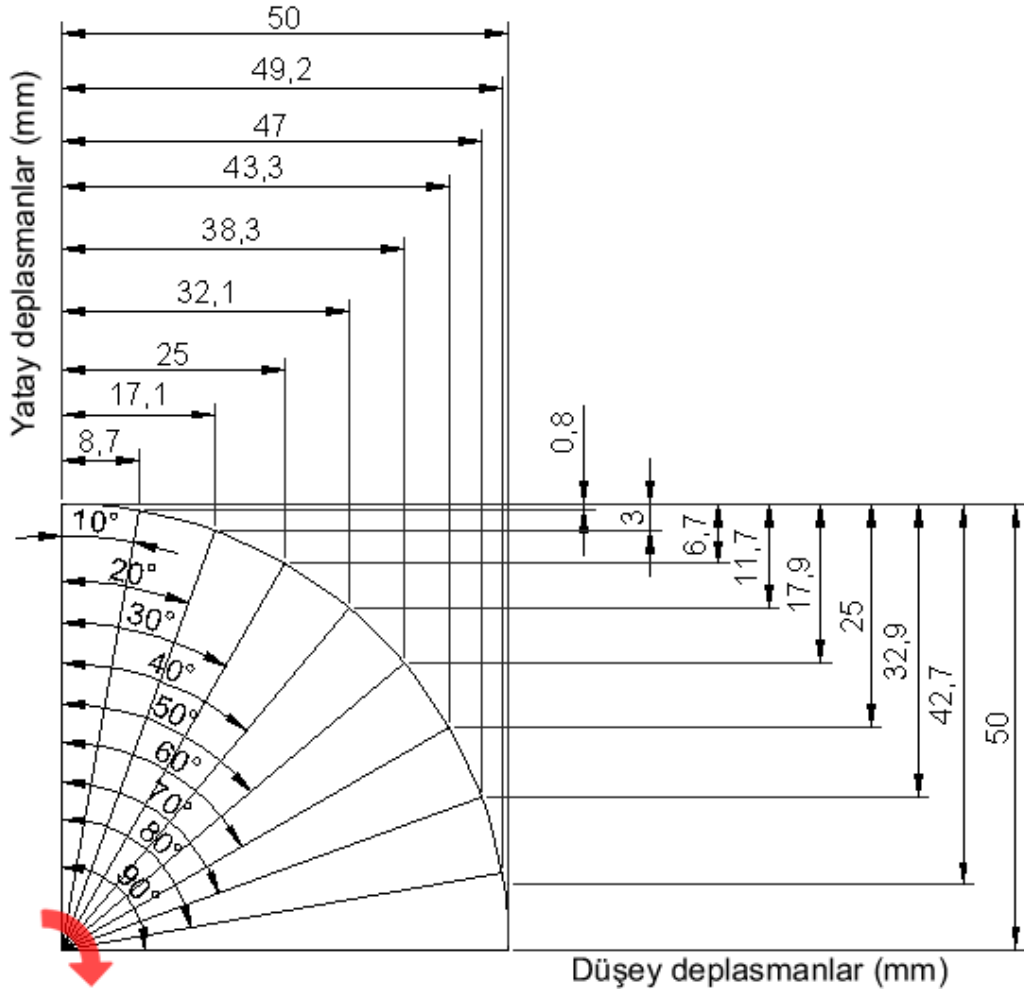
Şekil 3.71. Mafsal bağlantı parçalarının katı model montaj izometrik görünümü

Üst grup mekanizma konumlarını rakamsal olarak “1” ve “2” olarak tanımlayacak olursak; 1 konumunda mekanizma şasi üst çerçevesine paralel ve aynı hizada olmalıdır. 2 konumu ise mekanizmanın işlevini gerçekleştireceği konum olarak düşünülmüştür. Bu durumda; mafsal sistemi kurulan üst grubun hareket etüdü incelendiğinde alt sınırının bant eksenine ile sınırlı olduğu görülmektedir. Şekil 3.72.’de görüleceği üzere mafsal hareket yönü saat yönünde tercih edilmiş olup bant eksenine doğru azami 90°’lik bir açı sınırlaması olduğu bu durumda mafsal eksenine olan 50mm ölçüsünde yatay ve düşey yer değişimi yaptığı bilgisayar destekli çizimlerde görülmüştür.



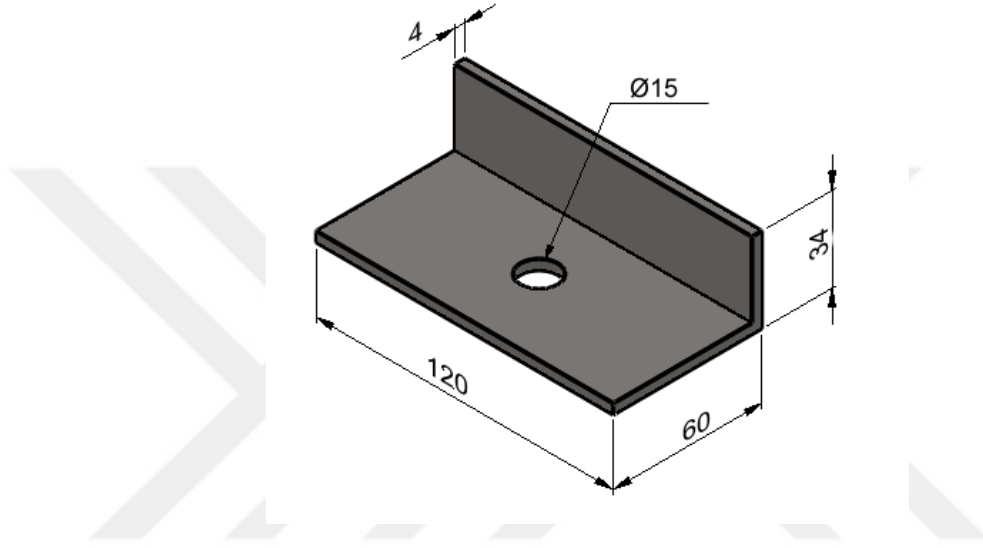
Şekil 3.72. Muhafaza uzvunun bilgisayar destekli hareket etüdü (yandan görünüş)

Üst grup mafsal hareketi mekanizma işlevi gereği  $90^\circ$  olması mümkün değildir. Mekanizmanın “2” konumunu sıyırma elemanının temas ettiği nokta belirleyecektir. Bunun öncesinde mafsal hareketinin uzuvda açılara bağlı olarak yatay ve düşey ekseninde ne kadar yer değişimine neden olduğunu detaylı incelemek gerekmiştir. Şekil 3.73.’te saat yönünde dönen mafsalın yatay ve düşey eksenlerde meydana getirdiği deplasmanlar görülmektedir. Buna göre muhafaza parçasının dar açılarda yatay ekseninde yer değişimi fazla, düşey ekseninde azdır. Düşey ekseninde bantla temasın hassas bir aralıkta olması gerektiği için  $10^\circ$ - $50^\circ$  aralığında mafsalın çalışması daha emniyetli gözükmemektedir. Tam olarak hangi açının uygun olacağı muhafaza içerisine yerleştirilecek sıyırıcı aparatına göre belirlenecektir.



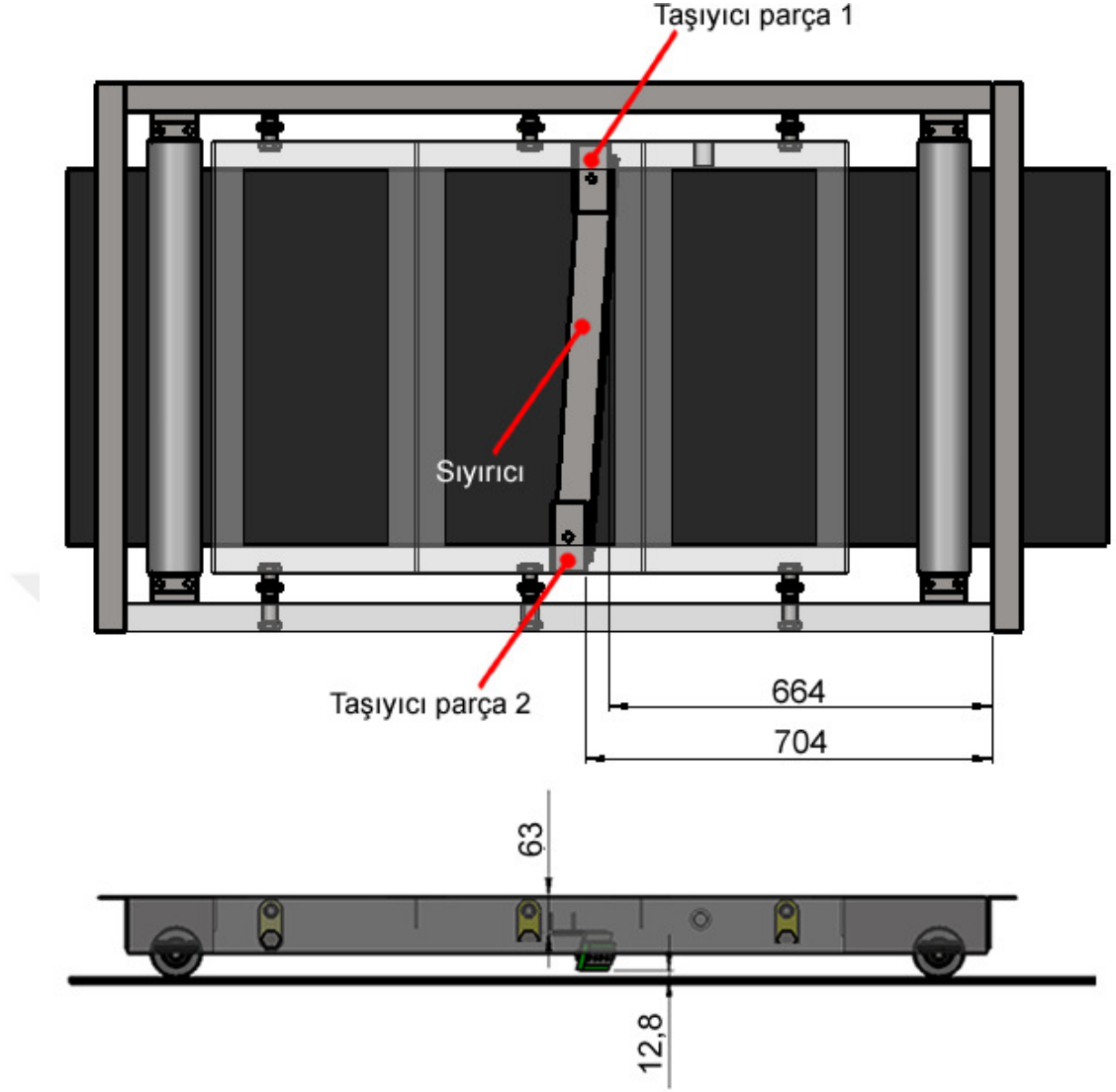
Şekil 3.73. Her  $10^\circ$ 'lik mafsal hareketi sonucu oluşan yatay ve düşey deplasmanlar

Üst muhafaza sacının mekanizma son konumu belirlenmesi için sıyırıcının sisteme yerleştirilmesi gerekmektedir. Şekil 3.42.'de katı model tasarımı gösterilen sıyırıcı parçanın muhafaza parçasına bağlanabilmesi için bir taşıyıcı parçaya ihtiyaç vardır. İstenen açılı yerleştirmeyi sağlayabilmek için 4mm AISI304L levha sacdan bükümlü olarak oluşturulan Şekil 3.74.'te boyutları verilen katı model taşıyıcı parça tasarımı yapılmıştır.



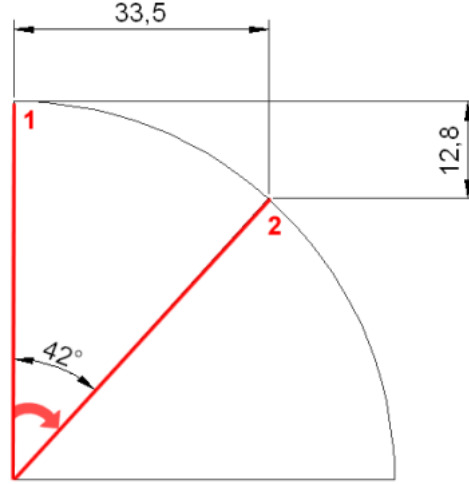
Şekil 3.74. Sıyırıcı bağlantı parçası katı model tasarımı izometrik görünümü

Sıyırıcı parçanın muhafaza parçasına bağlantısı için taşıyıcı parça 2 adet kullanılmıştır. Şekil 3.75.'te belirtilen montaj ölçülerine göre taşıyıcı parçalar muhafaza parçasına kaynaklı olarak bağlantısı yapılacak şekilde sabitlenmiştir. Montaj metodu olarak; sıyırıcı parçaya önden montajı yapılmış taşıyıcı parçalar muhafaza üst eksenini üzerinden sökme takmaya en elverişli yükseklik olan 63 mm yükseklikte olacak şekilde sisteme yerleştirilir, açılı tarama yerleşimi için taşıyıcı parçalar belirlenen farklı mesafelerde muhafaza parçasına sabitlenecek şekilde montajı yapılır. Bant üzerinde sistem çalışmadığı zaman ek ve tamirat kopçaları gibi yükseltelerin azami 10mm yükseklik yapacağı öngörülerek, bu montaj sonucu oluşan sıyırıcı silgisinin bant ile olan 12,8mm yükseklik mesafesi emniyetli sınırlar içerisindedir.



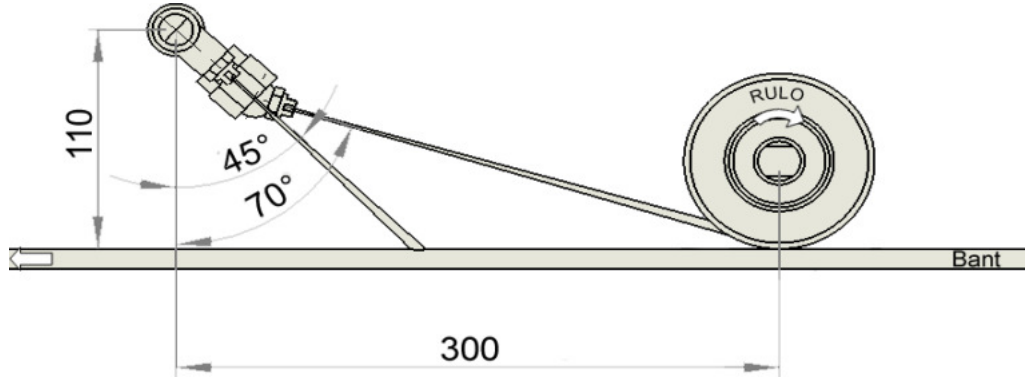
Şekil 3.75. Sıyırıcı parça montaj ölçüleri üst ve yan katı model görünümleri

Sıyırıcı parça silgisinin banta olan yükseklik mesafesinin belirlenmesi ile mafsal hareketi tanımlanabilmektedir. Şekil 3.76.'da 12,8mm düşey deplasman değeri için mafsal parçasının hareket açısının  $42^\circ$  olduğu görülmektedir. Saat yönünde hareket eden mafsalın açı değeri için mafsal yatay ekseninde 33,5mm hareket etmektedir. Bu şekilde açısal hareket değerinin belirlenmesi ile muhafaza parçasının hareket sınırları belirlenmiş ve katı model tasarımında kullanılmıştır.



Şekil 3.76. Yatay ve düşey deplasmanların ölçülerinin belirlenmesine dair çizim

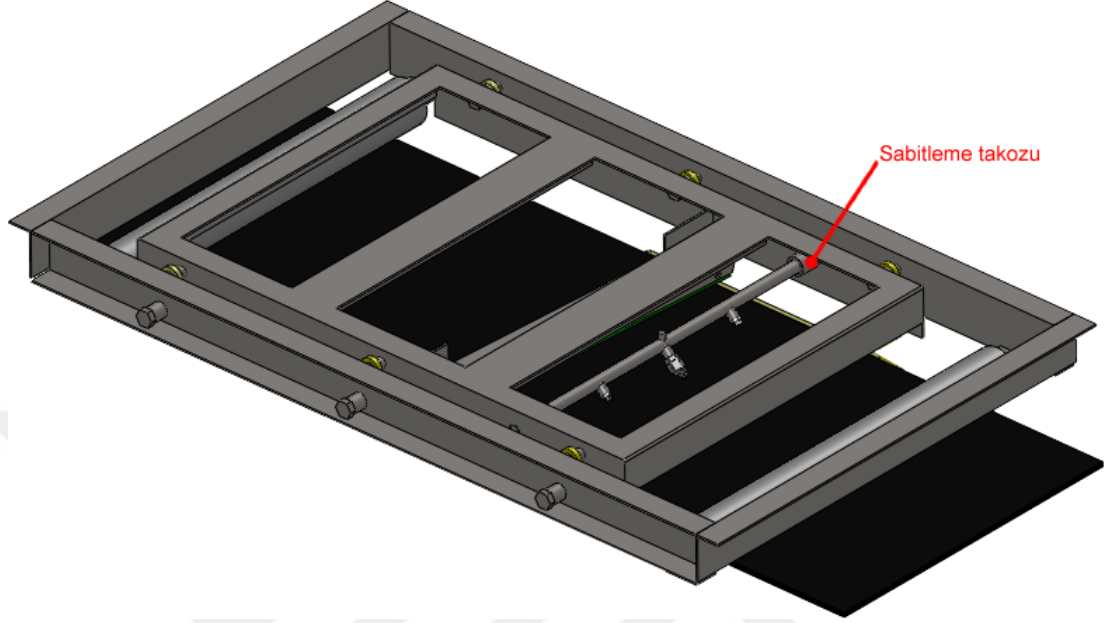
Belirlenen açı değerine göre su püskürtme nozulu konumu da belirlenmiş olacaktır. Şekil 3.77.'de su püskürme borusunun olması gerektiği konum bilgisayar destekli tasarım şemasında yandan görünüş olarak gösterilmiştir. Buna göre boru parçası bant üzerinden düşey 110mm; boru merkezi yatay mesafede rulo merkezinden 300mm uzaklıkta yerleştirilmiştir.



Şekil 3.77. Su püskürtme nozul borusunun gergi rulosuna göre mesafelerinin belirlenmesi yandan görünüş çizimi

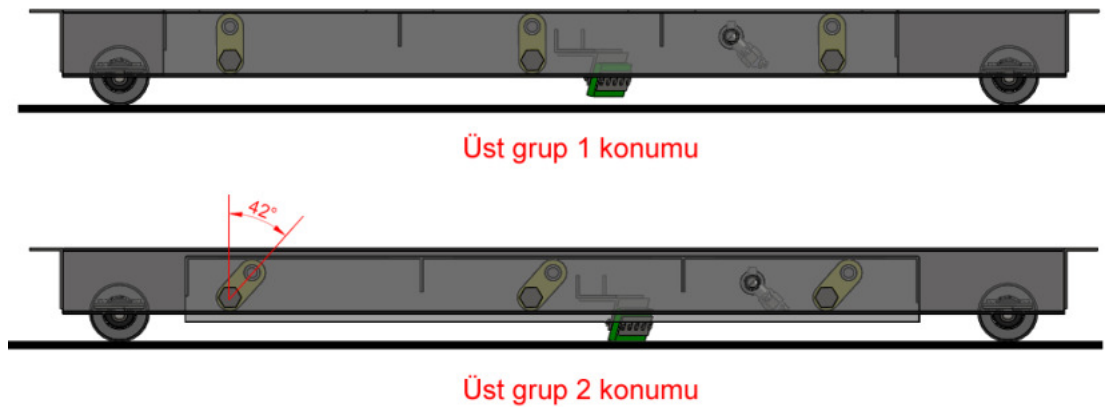
Bu değerler doğrultusunda katı model montaj tasarımında yıkama borusunun muhafaza parçasına montajı oluşturulur. Buna göre yıkama borusu muhafaza parçasından kapalı pozisyonda belirlenen ekseninde ve sonlandırıldığı

noktada bir takoz parçasına sabitlenmiştir. Şekil 3.78.'de su dağıtıcısının katı model tasarımı montajlı olarak gösterilmiştir.



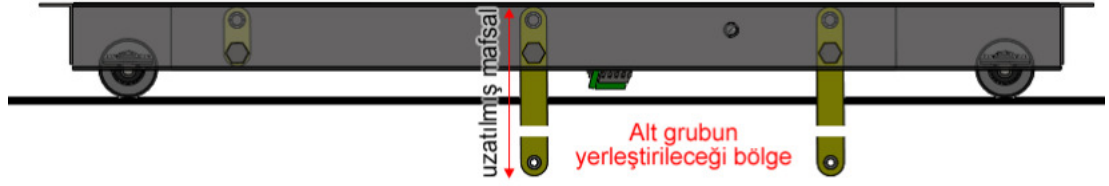
Şekil 3.78. Montajlı su dağıtıcısı katı model tasarımı izometrik görünümü

Yapılan montaj düzenlemeleri doğrultusunda üst grup mekanizma uzuvları, mafsallı yerleşimleri ve sıyırıcı ve yıkama aparatlarının bu doğrultuda muhafaza parçasına sabitlenmesi katı model tasarımında tamamlanmıştır. Şekil 3.79.'da mekanizma ilk ve son konumları bu haliyle gösterilmiştir.



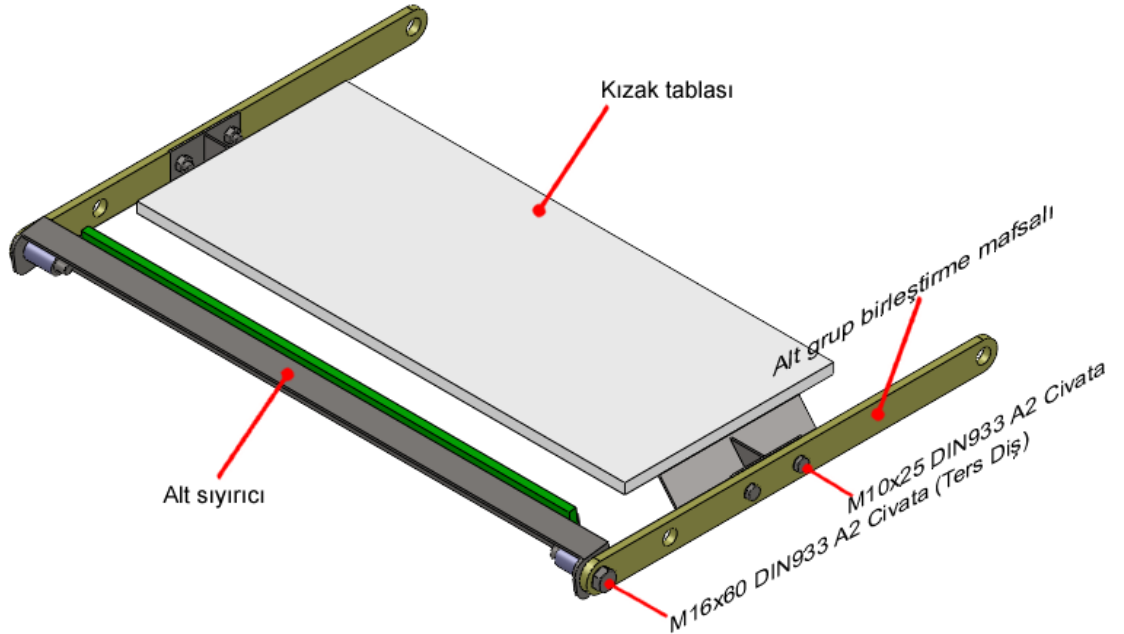
Şekil 3.79. Montajlı üst grup mekanizma konumlarının yandan görünüşü

Üst grupta oluşturulan mekanizma hareketinin alt grupta da gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu hareketin alt gruba taşınması mafsalların uzatılması ile gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Alt grubu kumanda etmek için dört adet mafsallın uzatılması yeterlidir. Bu mafsalların uygulama biçimini belirlemek açısından Şekil 3.80.'de görülen ön tasarım çalışması yapılmıştır.



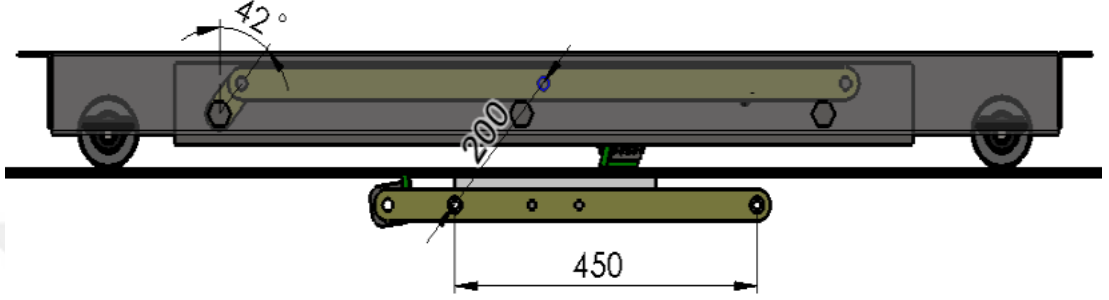
Şekil 3.80. Uzatılan mafsalların katı model yandan görünüşü üzerinde gösterimi

Alt grubu kontrol edecek mafsalların uzunluğunu belirlemek için alt grup sıyırma ve kızak aparatlarının beraber hareket edebilecekleri bir birleştirme parçasına ihtiyaç duyulmuştur, alt grup parçalarını birbirine bağlayan mafsallı bağlantı parçası montaj tasarımı Şekil 3.81.'de gösterilmiştir.



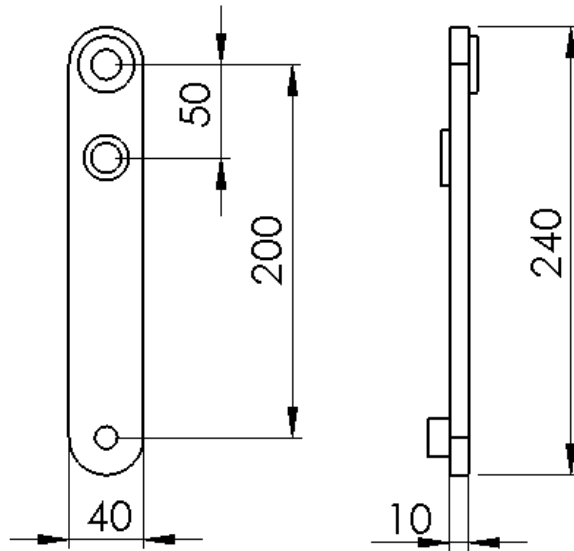
Şekil 3.81. Alt grup birleştirme parçası montaj tasarımı izometrik görünümü

Alt gruba bağlantı yapılacak mafsalin nihai boyutu, katı model çalışmasında mekanizmanın  $42^\circ$  hareketi ile 2 konumunda iken, alt tabla bantla temas etme konumunda mafsall bağlantı noktalarına olan mesafeden belirlenmiştir. Bunun için Şekil 3.82.'de görülen katı model yan görünüm montaj çalışması kullanılarak mafsall pim eksenlerinin 200mm olması gerektiği görülmüştür.



Şekil 3.82. Birleştirme mafsall uzunluklarının katı model üzerinden belirlenmesi

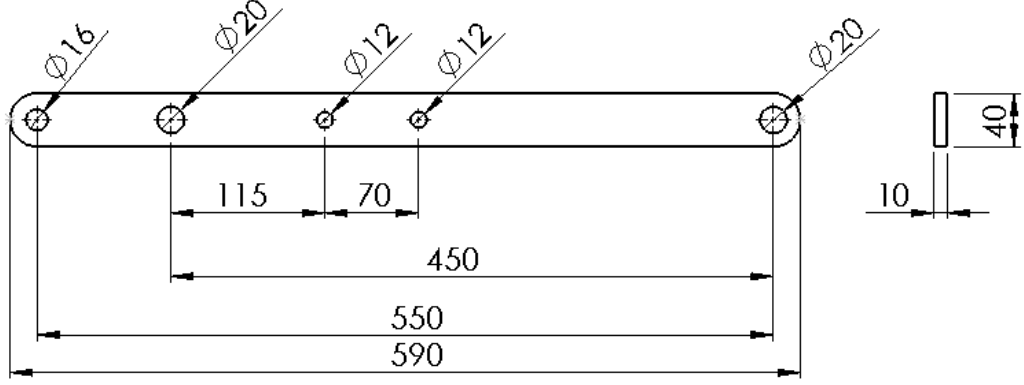
Belirlenen eksen ölçüsü doğrultusunda alt ve üst grubu birbirine bağlayacak mafsall parçası kalınlığı 10mm olan AISI304L paslanmaz çelik malzemeden Şekil 3.83.'de belirtilen ölçülerde tasarımı yapılmıştır.



Şekil 3.83. Alt - üst grup bağlantı mafsall ön ve yan görünüş ölçülendirmeleri

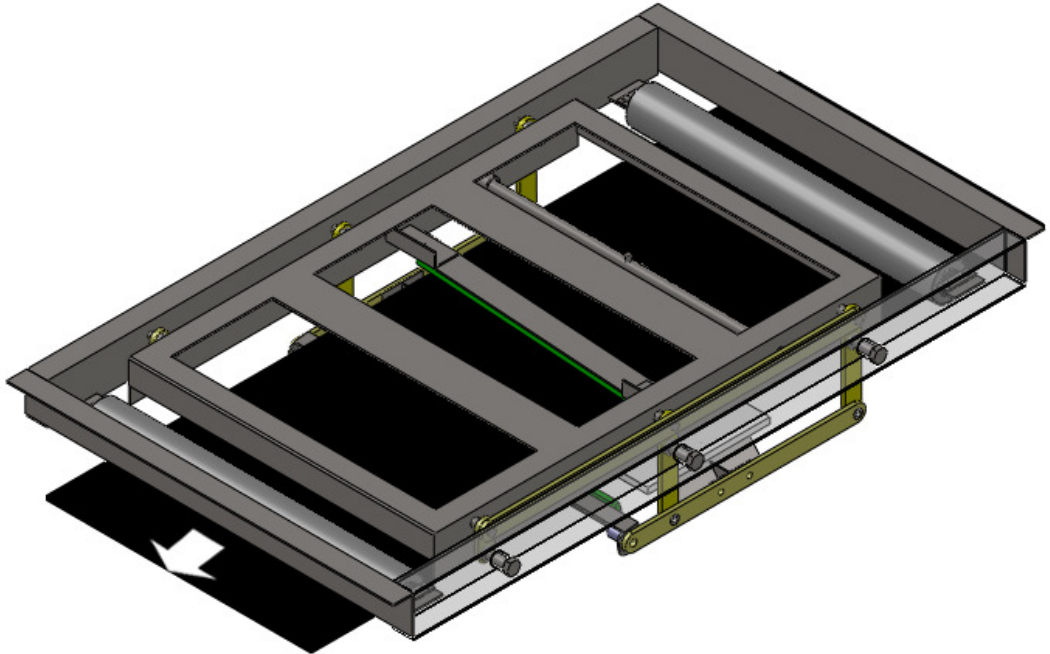


Aynı şekilde kalınlığı 10mm AISI304L paslanmaz çelik malzemeden tercih edilen alt grup birleştirme mafsallının detaylı boyutlandırması Şekil 3.84.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.84. Alt grup birleştirme mafsalları ön ve yan görünüş ölçülendirmeleri

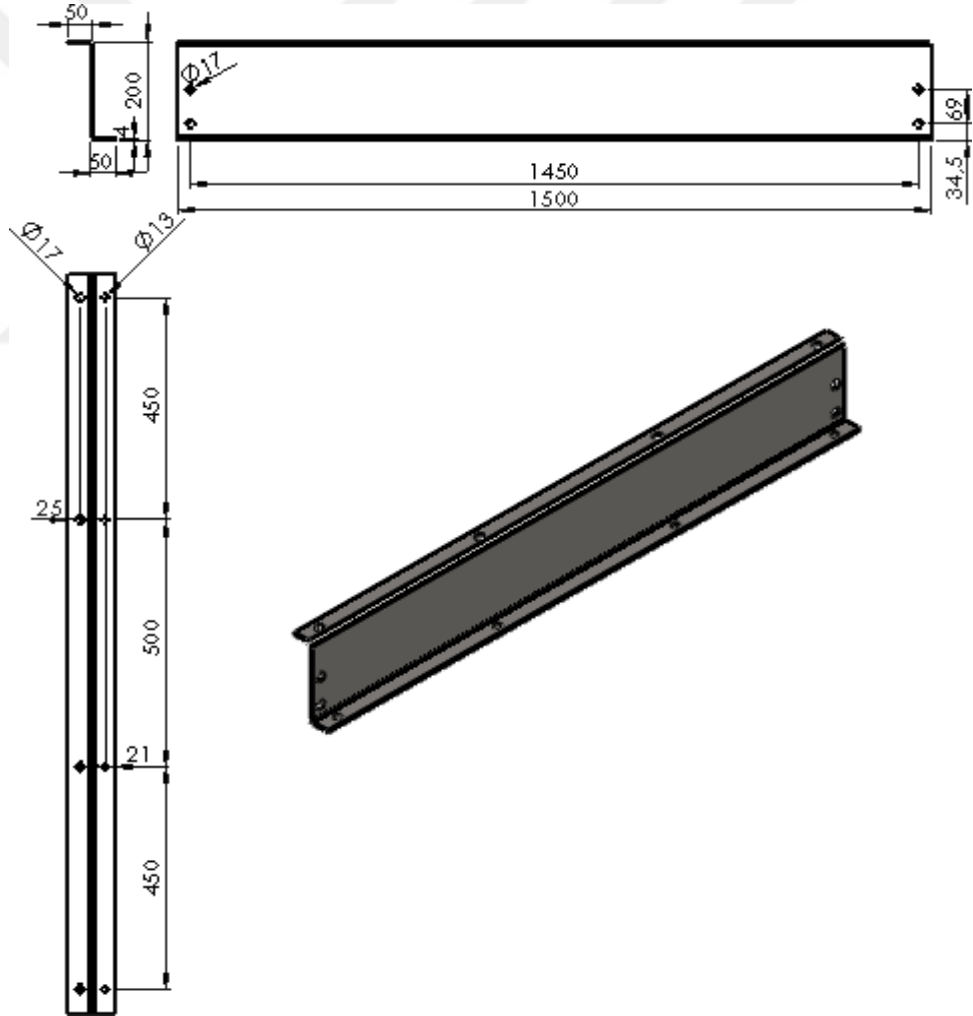
Bu doğrultuda mafsalların katı model çalışmaları tamamlanarak montaj çalışmasına dahil edilmişlerdir. Alt ve üst grup mekanizmalarının tamamlandığı katı model çalışması izometrik görünümü Şekil 3.85.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.85. Katı model çalışması mekanizma sistemi montajlı izometrik görünümü

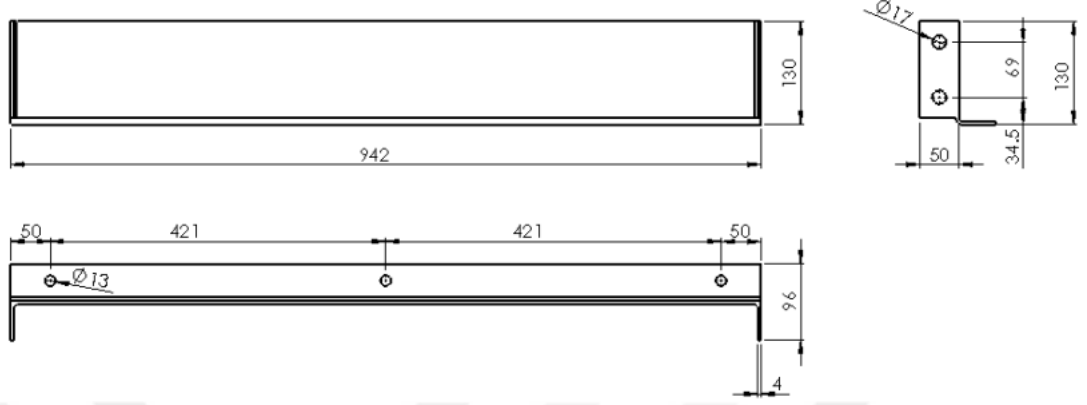
Mekanizma; alt sıyırıcı, alt tabla ve piston gruplarını kapsayacağı için üst grup şasına ilave olarak bu parçaları içine alacak bir çerçeve parçaya ihtiyaç duyulacaktır. Bu parça “alt grup şasi” olarak adlandırılmıştır.

Alt grup şasinin üst grup şasiyle bağlantısı cıvata bağlantılı olarak birleştirilecek şekilde, her yüzdeki parçası sökölüp takılabilir olacak biçimde tasarlanmıştır. Alt grup şasi aynı zamanda yıkama sistemi içerisinde meydana gelen su akışından kaynaklanan birikimleri üzerine almaması için profil yapısı içten dışa bükümlü olarak oluşturulmuştur. 4mm kalınlıkta AISI304L sac kullanılarak oluşturulan teknik resim ve izometrik görünüm Şekil 3.86.’da gösterilmiştir.



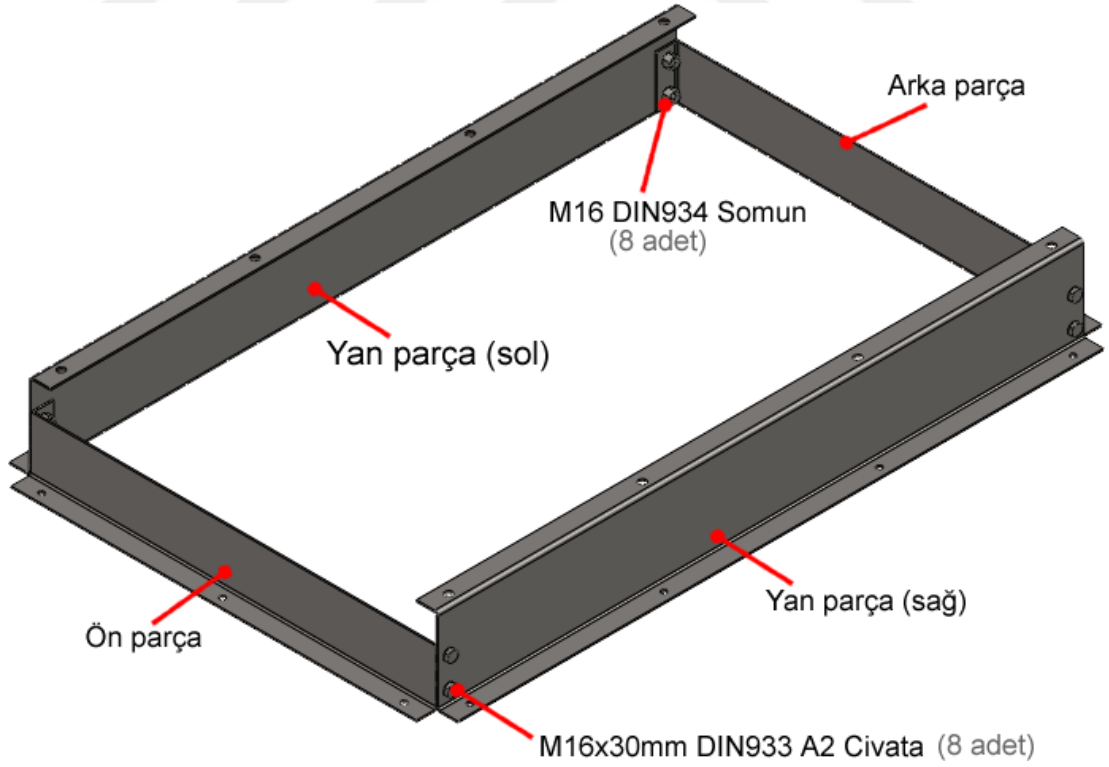
Şekil 3.86. Alt grup şasi yan parçaları ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümüleri

Yan parçaların birleştiren 4mm kalınlıkta AISI304L sac kullanılarak oluşturulan ön ve arka parçaların teknik resim gösterimi Şekil 3.87.'de sunulmuştur.



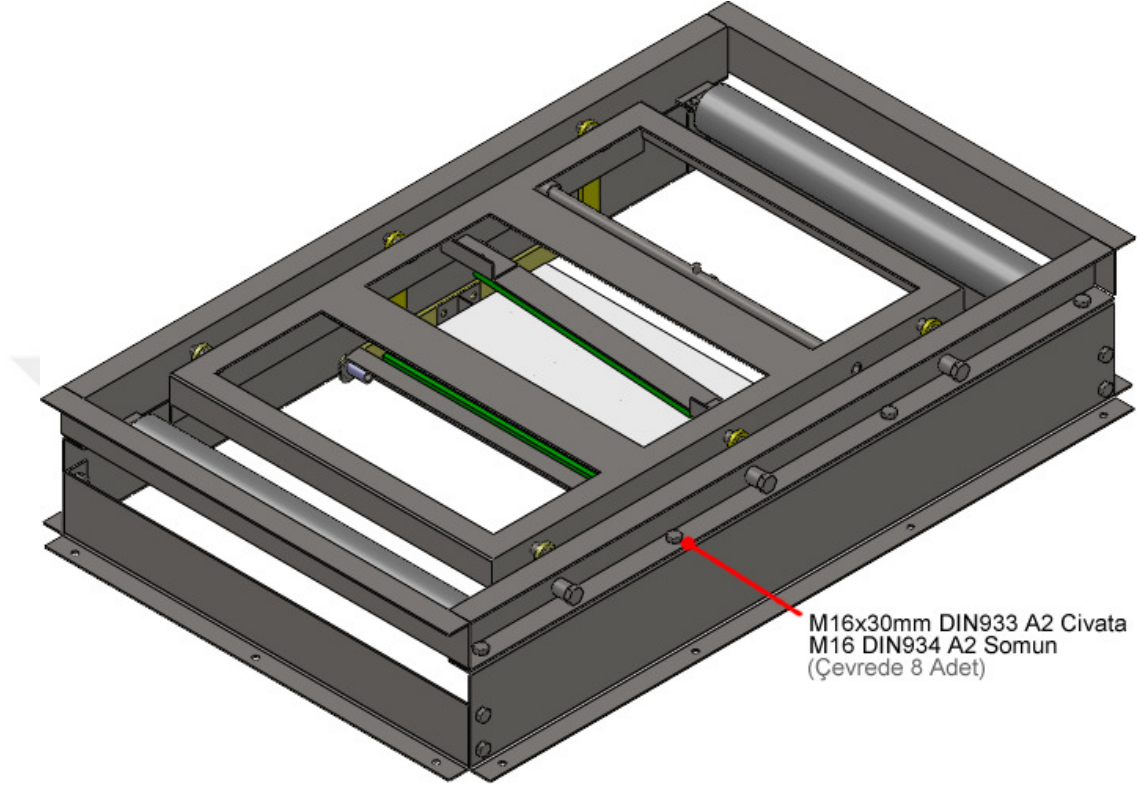
Şekil 3.87. Alt grup şasi ön ve arka parçası ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümü

Teknik çizimler doğrultusunda yapılan katı model tasarımlarının montajlı izometrik görünümü Şekil 3.88.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.88. Alt grup katı model montaj çalışması izometrik görünümü

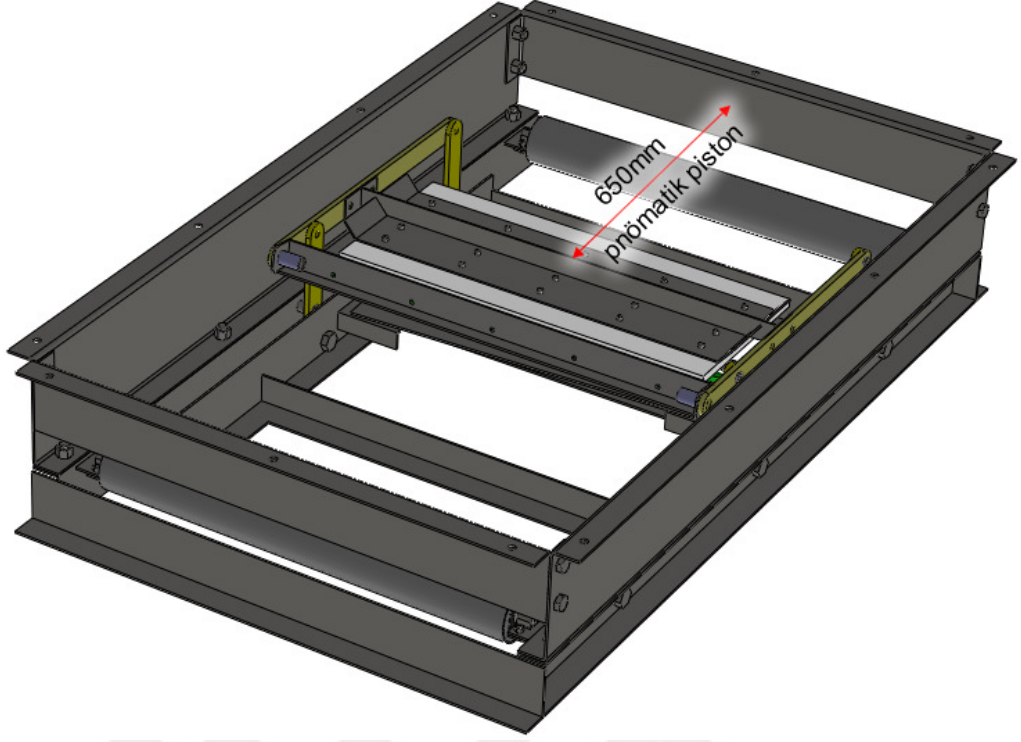
Oluşturulan alt grup montajlı katı model parçası ana montaj modeline M16x30mm A2 civatalarla bağlantıları yapılarak Şekil 3.89.'da görülen izometrik görünüm elde edilmiştir.



Şekil 3.89. Alt grup ve üst grup montajlı izometrik görünümü

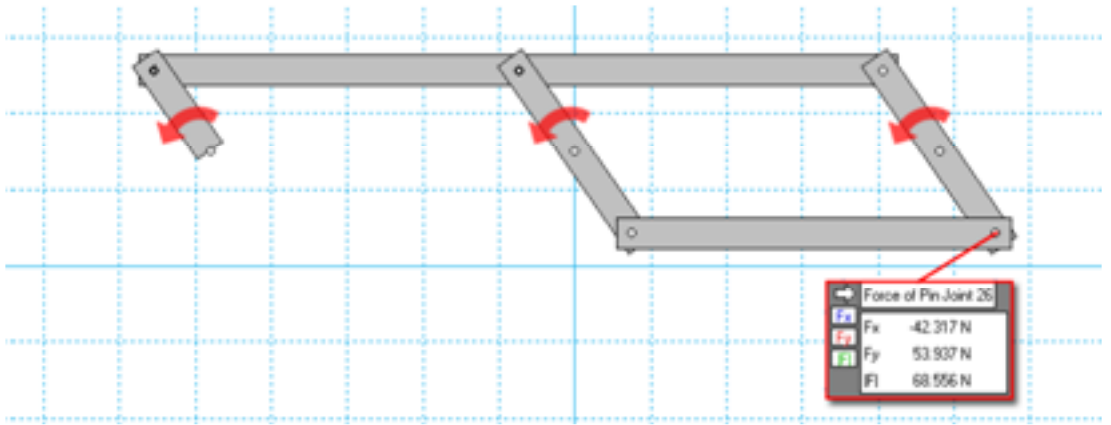
Mekanizma sistemde kullanılan hava ile pnömatik olarak kumanda edilebilmelidir. Bundan dolayı pnömatik kumandalı bir pistonun mekanizmaya hareket vereceği öngörülmüştür.

Mekanizma düşey eksenenden 42° konumu ve 0° konumu arasında çalışmaktadır. Bu konumlar arası hareket eden sistem kendi üzerine bağlı elemanlar ile birlikte ağırlık etkisi ile mafsallarda yatay ve düşey kuvvetler oluşturmaktadır. Mekanizma hareketinin alt gruptan verileceğini öngörülmüştür. Şekil 3.90.'da piston yerleşim mesafesi ve ekseni katı model tasarımında gösterilmiştir.



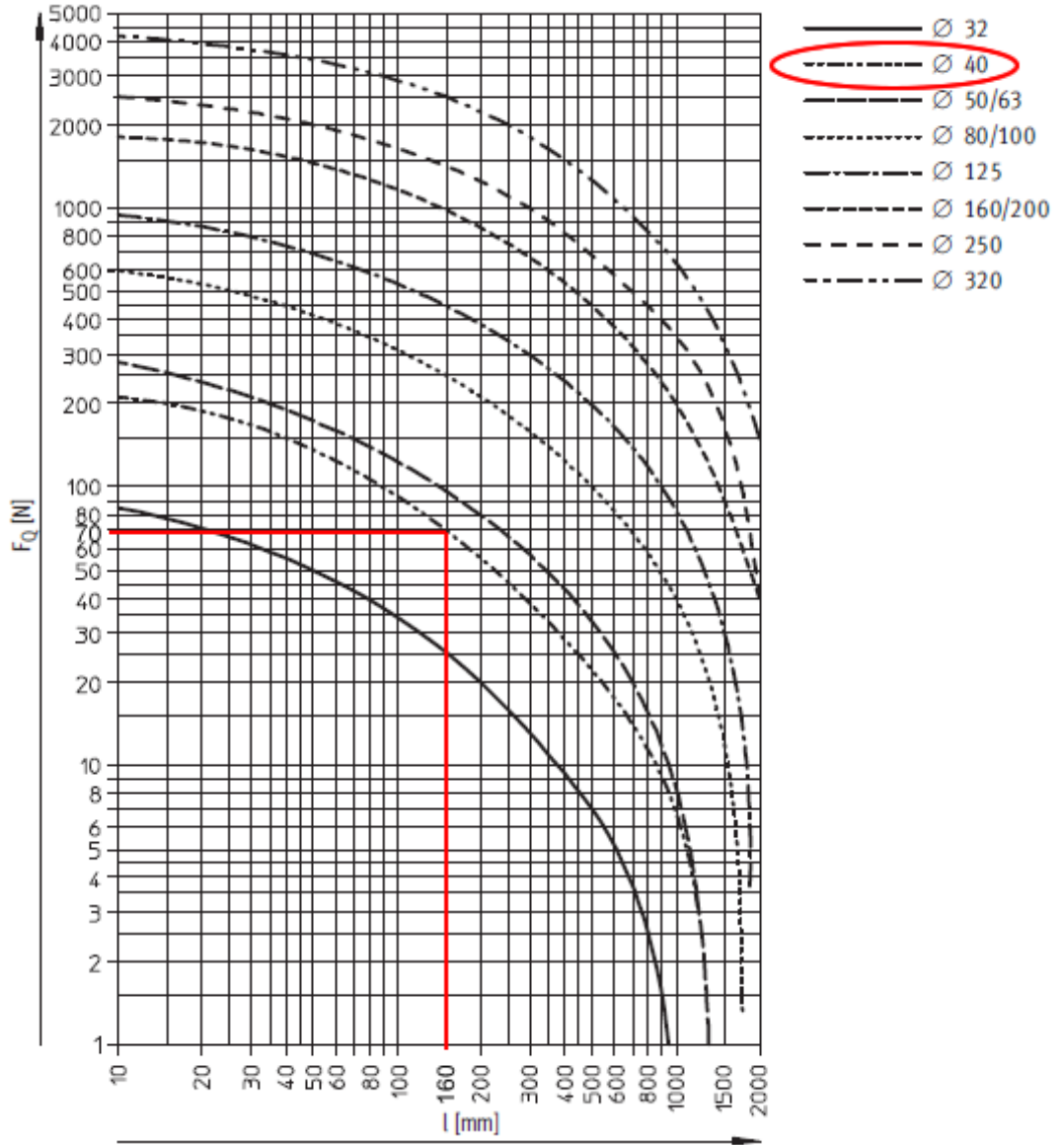
Şekil 3.90. Yıkama sistemi katı model tasarımı alttan izometrik görünüm

Piston seçimini bu bağlamda yapabilmek için Working Model 2D programında Şekil 3.91.'de görülen ölçülerine uygun mekanizma modeli elemanların kütleli özellikleri tanımlanarak oluşturulmuştur. Bu doğrultuda ağırlık etkisinde  $42^\circ$  düşey açıda hareket eden mekanizmada alt grup mafsallarında oluşan bileşke kuvvet 68,6 N olarak tespit edilmiştir.



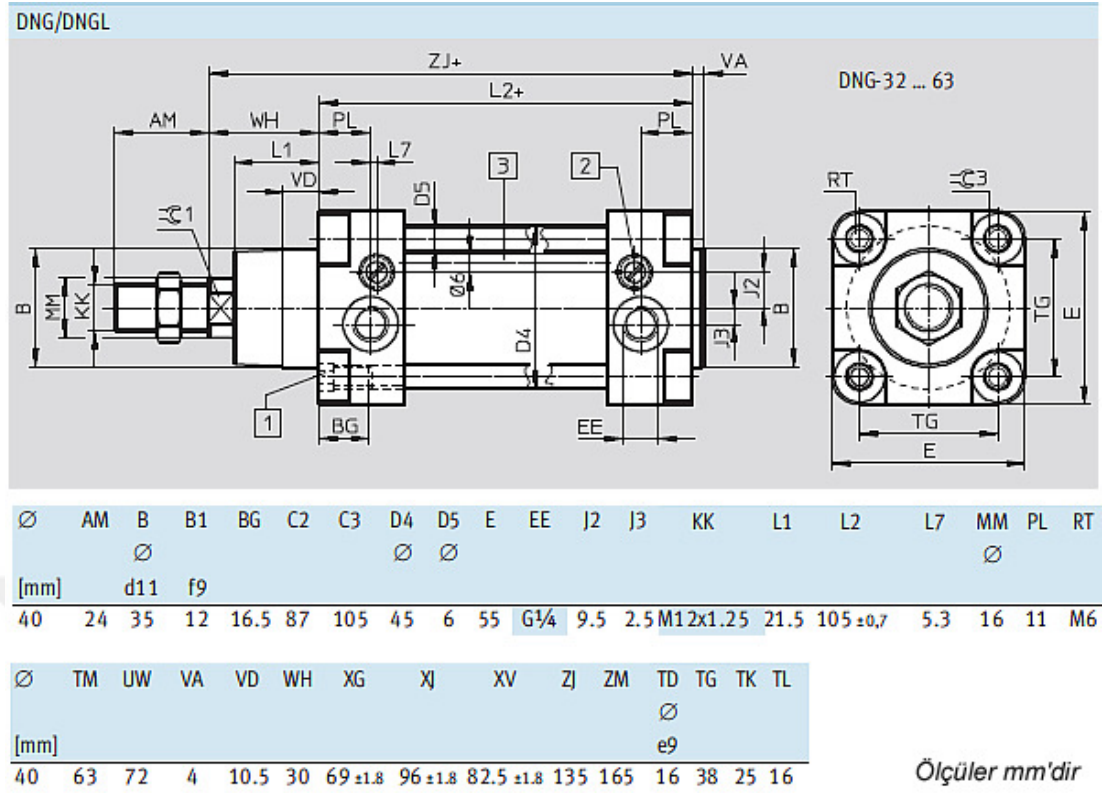
Şekil 3.91. Mekanizma alt grup seçili mafsaldaki kuvvetlerin gösterimi

Seçilecek pnömatik tahrik elemanı son açıklığında iken bu kuvveti yenebilecek kuvveti tesir ettirmelidir. Şekil 3.92.'de gösterilen üretici katalogu kuvvet uzunluk diyagramında bu değerlere en uygun ekipman Ø40 piston çapı ve 160mm strok değerine sahiptir.



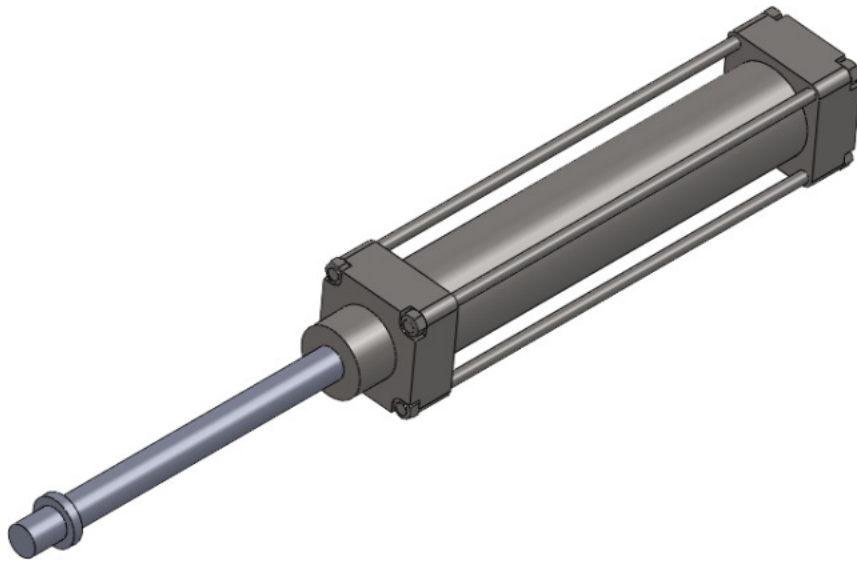
Şekil 3.92. Festo ISO 15552 standardı piston kollu silindir seçim diyagramı [69]

Bu diyagramdan yapılan seçim uyarınca Festo marka DNG-40-160-PPV-A modeli çift etkili piston kollu silindir tercih edilmiştir. Bu pistonun katalogta verilen ölçüleri Şekil 3.93.'te verilmiştir.



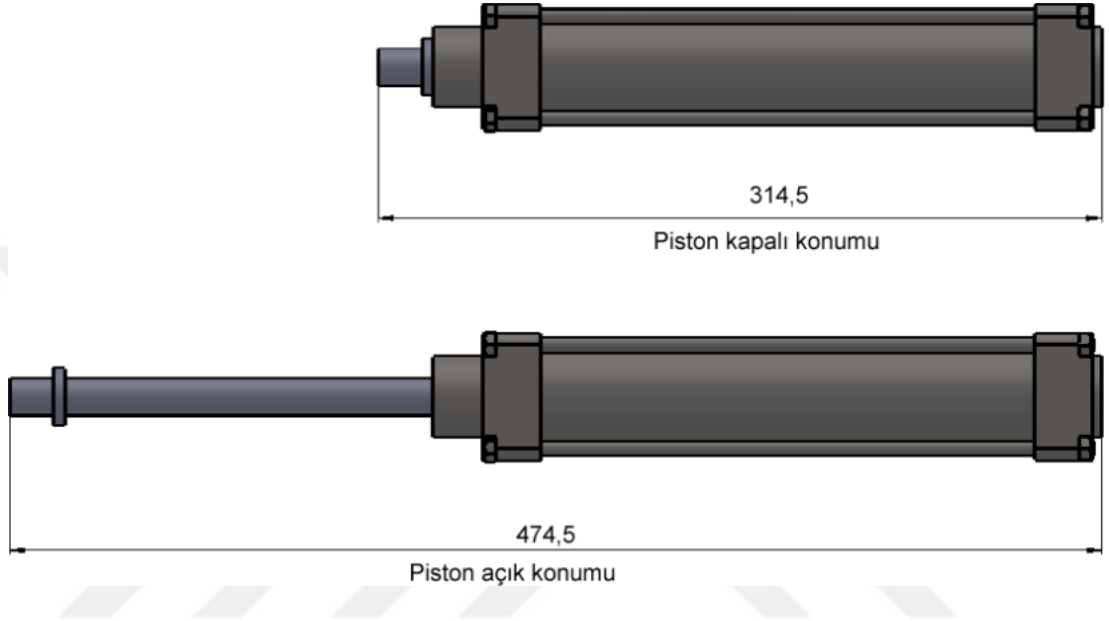
Şekil 3.93. Festo marka DNG-40-160-PPV-A model piston ölçüleri [69]

Katalogta sunulan ölçüler doğrultusunda piston kolu silindir ekipmanı katı model tasarımı Şekil 3.94.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.94. Piston kolu silindir katı model tasarımı izometrik görünümü

Oluşturulan montajlı katı model tasarımını incelediğinde kapalı konumdaki piston silindir boyunun 314,5mm, açık konumdaki toplam piston boyunun silindir gövdesiyle beraber toplam 474,5mm olduğu görülmüştür. Buna göre Şekil 3.95.'te gösterilen açık piston uzunluğu, Şekil 3.90.'da belirtilen 650mm yatay mesafe uzunluğu sınırları içerisinde kaldığından uygundur.

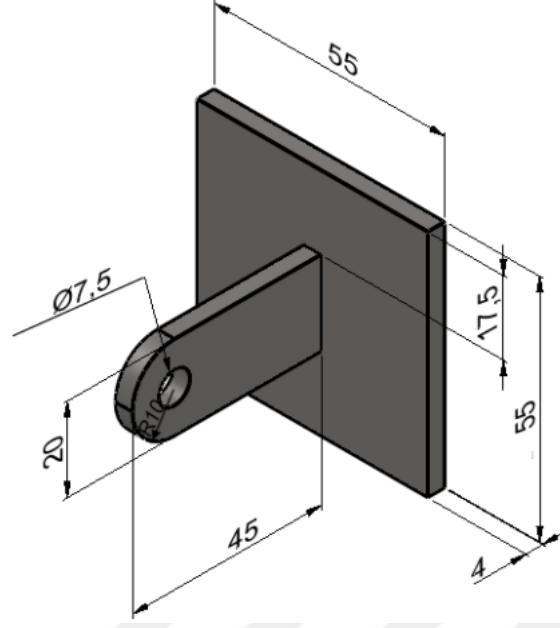


Şekil 3.95. Piston açık ve kapalı pozisyonlarının yandan görünüş ölçülendirmeleri

Piston yerleşimi 650mm yatay mesafede alt grup şasi ve alt grup tablası arasında açılı bağlantılı olacak şekilde yerleşimi yapılacaktır. Bağlantı parçaları piston üzerine ek bağlantılar gerektirmektedir. Bu doğrultuda alt grup şasi ve alt grup tablada bu bağlantılara uygun ilave parçalara ihtiyaç duyulacaktır. Aynı zamanda mekanizma 1 ve 2 konumu arasında hareket ederken bu parçalar mafsallı bağlantılı olacak biçimde açılabilir hareketlere uygun olmalıdır.

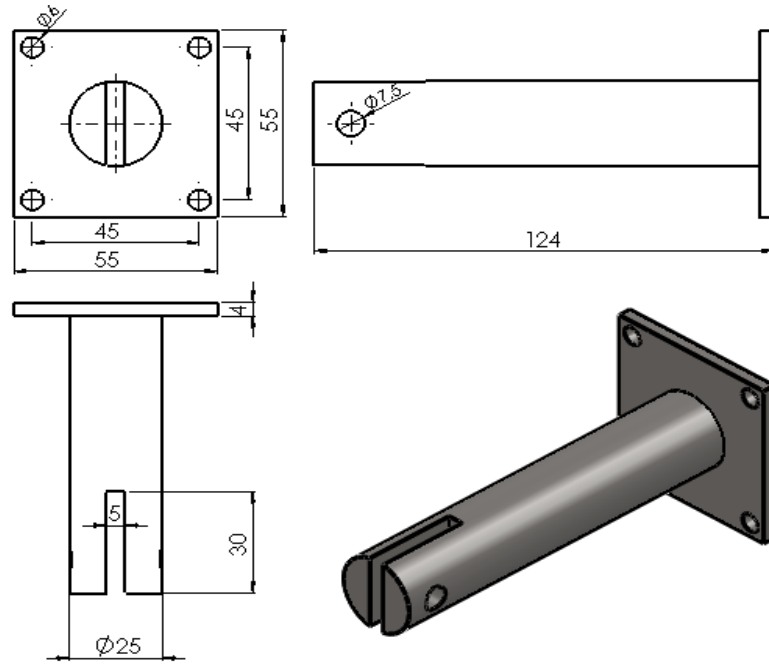
Şekil 3.96.'da izometrik görünümü verilen alt grup şasi ile piston bağlantısını pim bağlantılı olarak sağlayacak parça; 4mm AISI304L levha sac malzemedeki kaynaklı birleştirme yöntemi ile imal edilmiş olarak katı model tasarımı yapılmıştır.





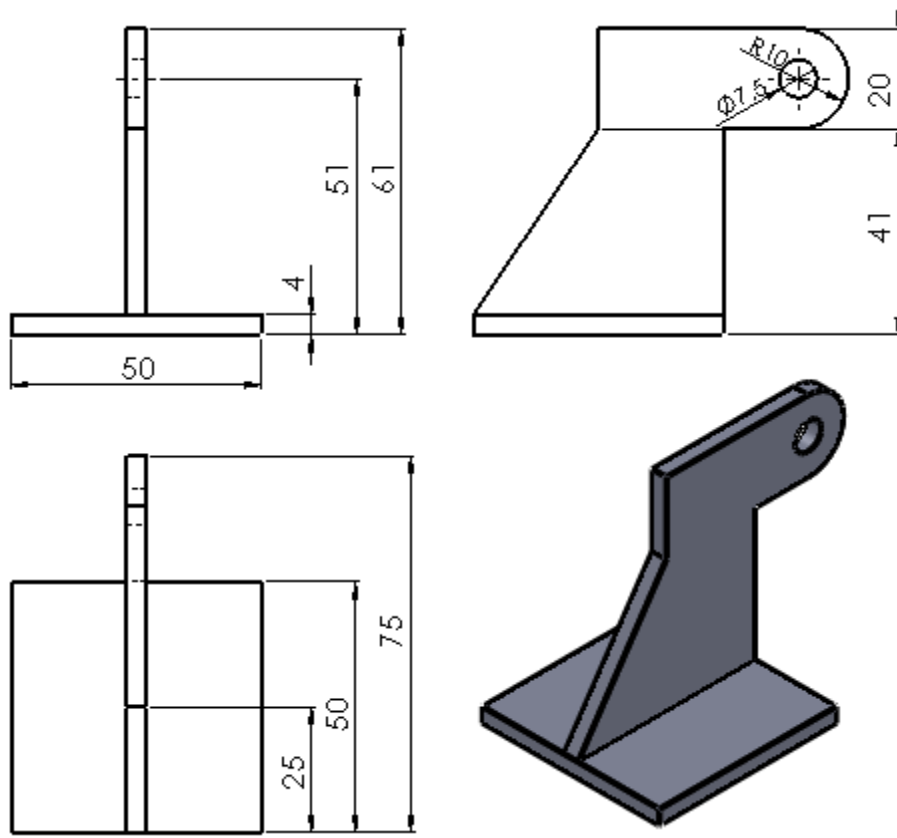
Şekil 3.96. Alt grup şasi piston bağlantı parçası izometrik ölçülendirilmiş görünüm

Şasi bağlantı parçasına pistonu bağlayabilmek için piston arka kapağı üzerine pim bağlantılı olacak şekilde Şekil 3.97.'de görülen katı model tasarımı oluşturulmuştur.



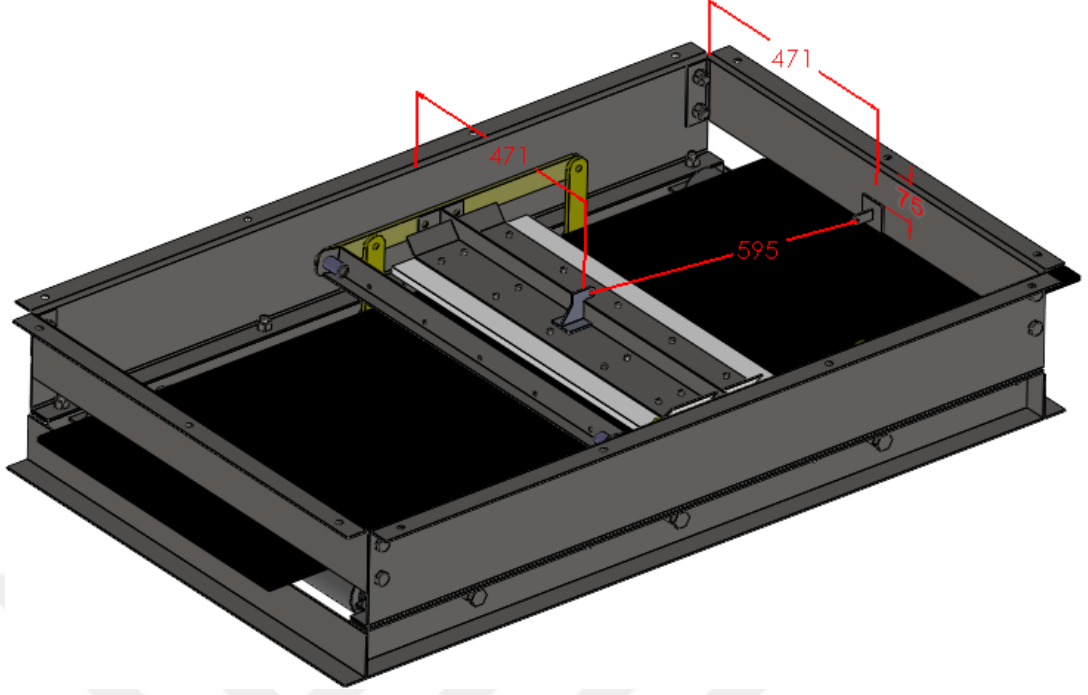
Şekil 3.97. Piston arka kapak şasi bağlantı parçası ISO-A ve izometrik görünümü

Piston milinin alt kızak tablasına bağlantısı için alt grup kızak şasisi üzerine 4mm kalınlıkta AISI304 malzemeden kaynaklı birleştirme bağlantılı Şekil 3.98.'de görülen katı model tasarımı oluşturulmuştur.



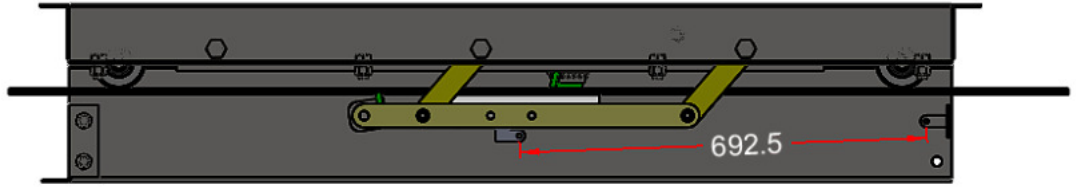
Şekil 3.98. Piston mili tabla şasi bağlantı parçası ISO-A ve izometrik gösterimi

Piston mili tabla şasi bağlantı parçası kaynaklı bağlantı ile sabitlenecek şekilde alt tabla katı model montajına eklenmiştir. Bu parça piston milinin ağırlık merkezi olan orta eksenden mekanizmaya hareket verebilmesi için tablanın altına Şekil 3.99.'da gösterilen 471mm merkez mesafe ölçüsünde montajı yapılmıştır. Aynı eksen doğrultusunda alt grup şasi piston bağlantı parçası da çerçeveye montajı kaynaklı birleştirme ile sabitlenecek şekilde montaja eklenmiştir. Bu montaj sonucu piston mekanizması "1" konumunda iken gerekli montaj uzunluğunun pim eksenlerinden 595mm ara mesafede olduğu görülmüştür.



Şekil 3.99. İzometrik modelde piston bağlantı parçaları mesafe ölçüleri gösterimi

Mekanizma “2” konumunda iken, piston bağlantı parçaları arasındaki mesafenin ne kadar olacağı Şekil 3.100.’de incelenmiştir. Buna göre piston açık konumda iken 692,5 mm mesafeye ihtiyaç vardır.

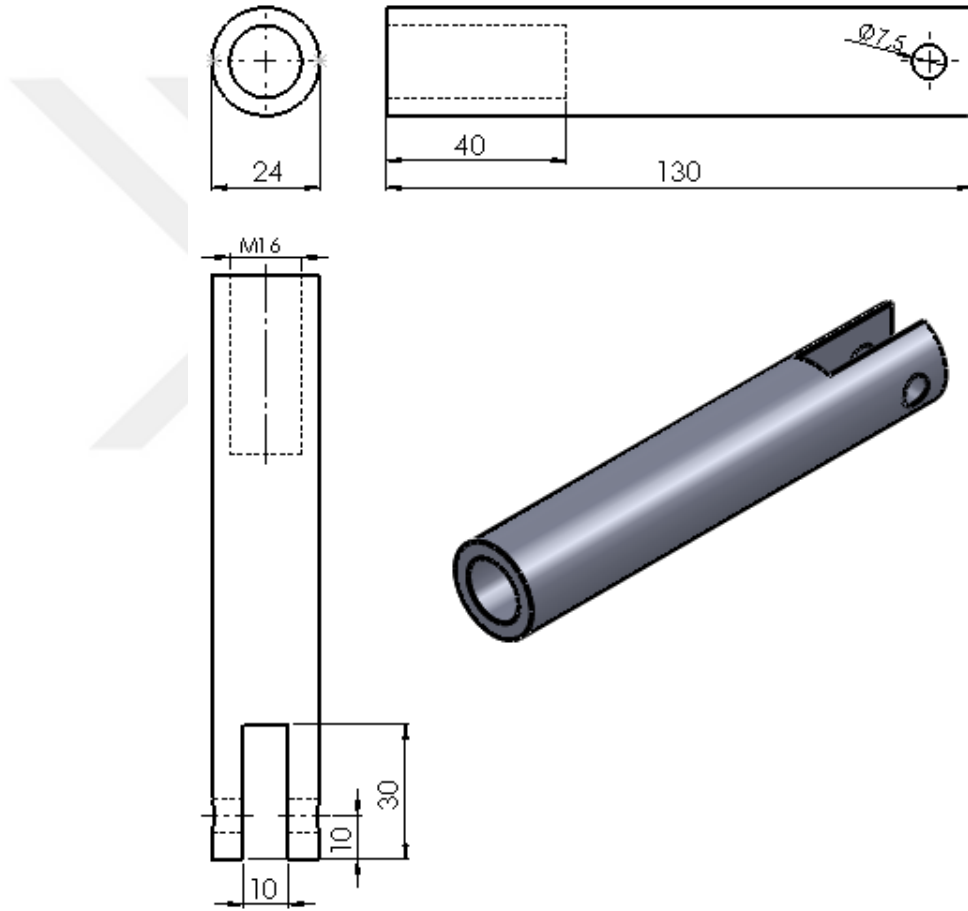


Şekil 3.100. Yandan görünüş modelde mekanizma 2 konumunda oluşan piston mesafe ölçüsü gösterimi

Mekanizma “2” konumunda iken hareketi sınırlamak için pistonun tam açık pozisyonda olması gerekmektedir. Bundan dolayı piston mili ucuna ilave bir bağlantı parçası eklemek gerekmiştir. Daha önce belirlenen bağlantı parçalarının

uzunluklarının piston tam açık uzunluğuna ilave edilerek 692,5mm ölçüsü için gerekli mesafe belirlenerek parçanın boyutlandırması tamamlanmıştır.

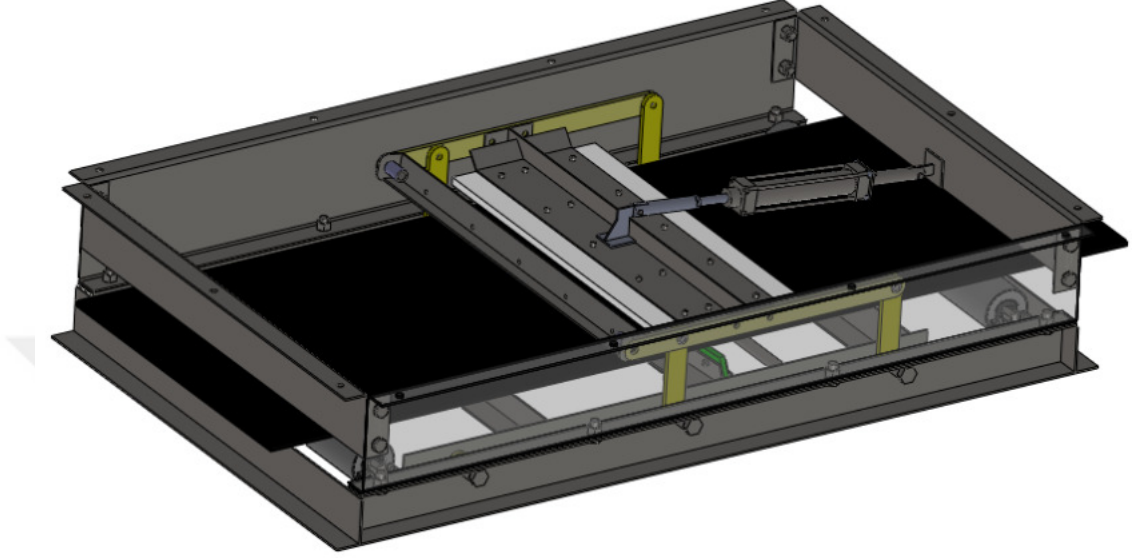
Bu doğrultuda uzunluğu 130mm olarak belirlenen parçanın bağlantısı piston mili ucundaki M16 dişli bağlantı ile sağlanmaktadır. Bu bağlantı 16-24mm arasında diş derinliği ile mesafe ayarına da imkan tanımaktadır. Ø24mm daire kesitli AISI304 malzemedен imal edileceği öngörülen katı model tasarımı Şekil 3.101.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.101. Piston mili tabla şasi bağlantı parçası ISO-A ve izometrik görünümü

Montaj metodu olarak Şekil 3.97.'de görülen piston arka kapak şasi bağlantı parçasının piston gövdesine montajı 4 Adet A2 kalite DIN933 M6x12mm cıvatalarla yapılmıştır. Piston miline Şekil 3.101.'de görülen uzatma parçası dişli bağlantısı yapılarak piston montaja hazır hale getirilmiştir. Montajlı piston grubu Mekanizma 1

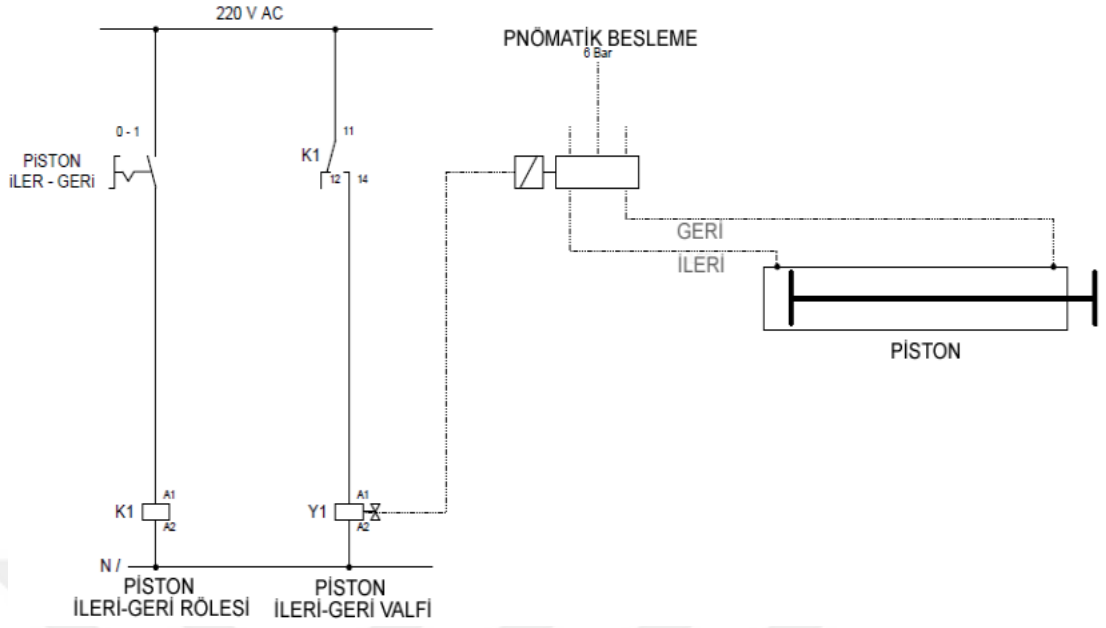
konumunda iken uygun açıklığa getirilerek DIN933 M6x35 A2 kalite cıvatalar ile bağlantı pim yuvalarına birleştirilmiştir. Bu doğrultuda montajı yapılmış pistonun Şekil 3.102.'de katı model çalışmasında yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 3.102. Pnömatik piston montajlı yıkama sistemi katı model çalışması alt izometrik görünümü

Katı model tasarımında hava tesisatlarının ve kontrol sistemlerinin montaja eklenmesine gerek duyulmamıştır. Pnömatik sistem bundan dolayı seçilen piston doğrultusunda detaylandırılarak şematize edilmiştir.

Pnömatik pistonun kumandası için basınçlı servis havası kullanılacaktır. Bu kontrolün bir elektrikli pnömatik yön denetim valfi vasıtasıyla yapılması gerekmektedir. Valfler ile piston hava giriş bağlantıları arasında  $\text{Ø}6 \times 1 \text{ mm}$  poliüretan hava hortumları kullanılacaktır. Tek bobinli valf, “0-1 aç kapa” konumlu elektrikli şalter ile pistonun ileri geri hareketini vererek mekanizma hareketini oluşturulacağı öngörülmüştür. Bu doğrultuda Şekil 3.103.'de belirtilen pnömatik devre şeması oluşturulmuştur.

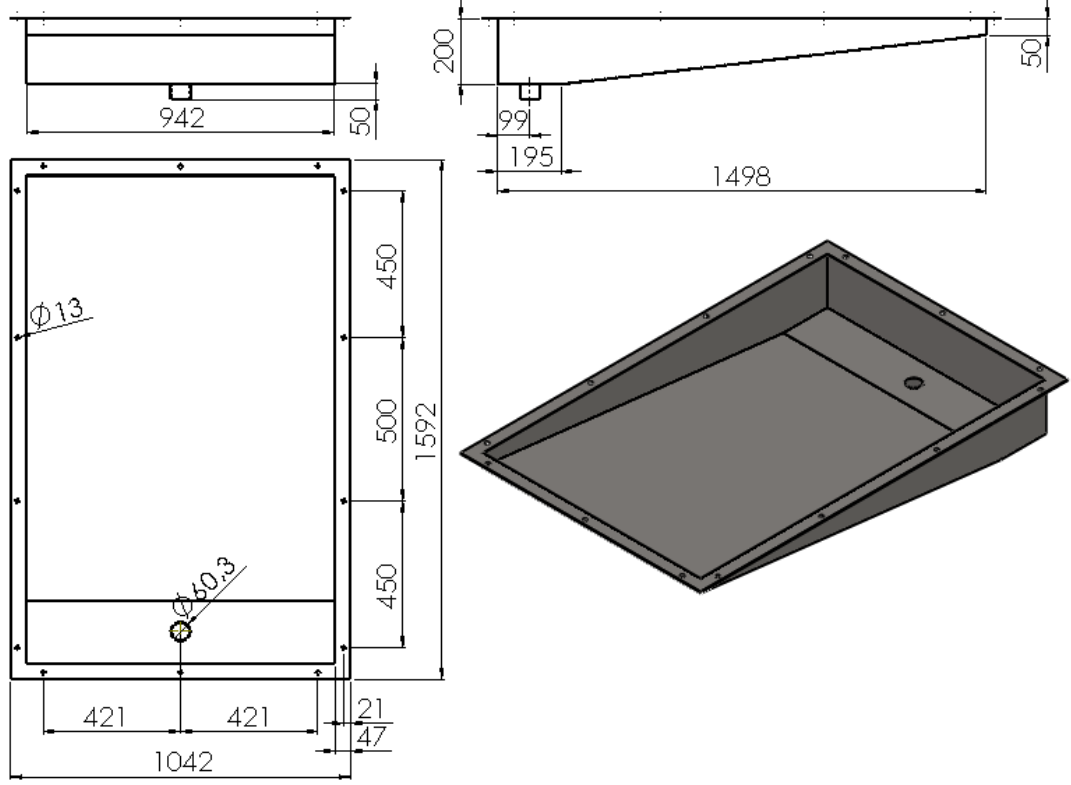


Şekil 3.103. Pnömatik devre şeması

#### 3.2.4.5. Alt hazne tasarımı

Yıkama, sıyırma ve kurutma işlemleri sonucu oluşan atık suyun yerçekimi etkisi ile bir hazne içerisinde toplanması gerekmektedir. Aynı zamanda yıkama sisteminde bulunan elemanların alt bölgeden gelecek kirlilik faktörlerinden korunması gerekmektedir.

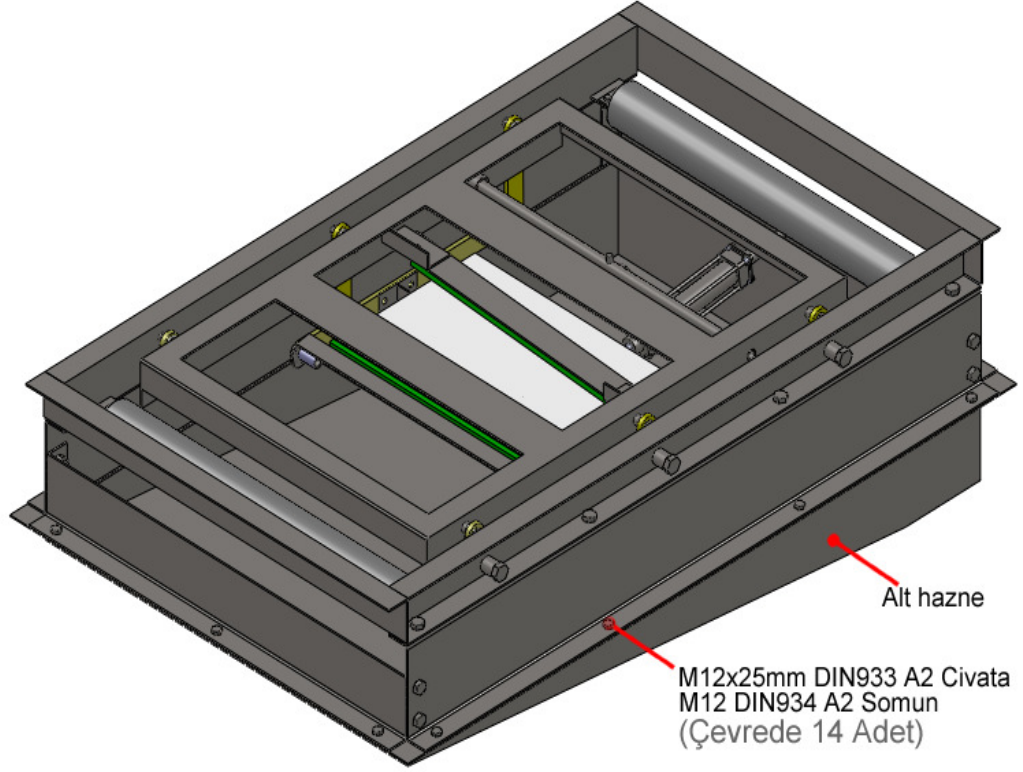
En çok atık suyun bant giriş istikametinde bulunan yıkama bölgesinde oluşacağı öngörülmüştür, kurutma aşamasına kadar sistemden ayrılan su azalacağı için hazne kurutma bölgesinden yıkama bölgesine doğru genişleyen bir hacme sahip olacaktır. Genişleyen hacim eğimli bir yapı oluşturacağından su akışı da bir bölgede toplanmış olacaktır. Bu gereklilikler doğrultusunda, 3mm AISI304 sacdan bükümlü ve kaynaklı birleştirmeli olarak tasarlanmış alt hazne katı model tasarımı ve ölçülendirmesi Şekil 3.104.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.104. Alt hazne parçası ISO-A ve izometrik görünümü

Hazne içerisinde biriken suyun bir noktadan tahliyesi için  $\text{Ø}60,3\text{mm}$  tahliye deliği bırakılmıştır. Bu deliğe DIN2982 standardına uygun 2” ölçüde boru nipel kaynaklı birleştirmeli olarak tasarıma eklenmiştir. Ucu dişli olan nipel parça su tahliyesinin istenen bölgeye boru dış bağlantılarla devam ettirebilmesine imkan kılacaktır.

Alt haznenin, alt grup şasi parçasına bağlantısının yapılabilmesi için oluşturulmuş 47mm flanş yüzeylerinde 14 adet M12 civataya uygun bağlantı delikleri bulunmaktadır. Montaj metodu olarak alt grup şasi ile alt hazne flanş conta yüzeylerine silikon sızdırmazlık elemanı sürülerek civata-somun bağlantısı yapılacağı öngörülmüştür. Buna göre geniş hazne tarafı sistem giriş olan yıkama bölgesi tarafına gelecek şekilde montaj yapılacaktır. Şekil 3.105.’te katı model montaj ortamında alt haznenin sisteme bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 3.105. Yıkama sistemi alt hazne montajlı izometrik görünümü

### 3.2.5. Yıkama Sistemi Tasarım Detaylandırmaları

Şasi tasarımının tamamlanmasının ardından şasi içerisine yerleşimi planlanan su ve hava tesisatlarının ortaya çıkan boyutlandırma verileri doğrultusunda katı model tasarım ve ölçülendirme çalışmaları yapılmıştır.

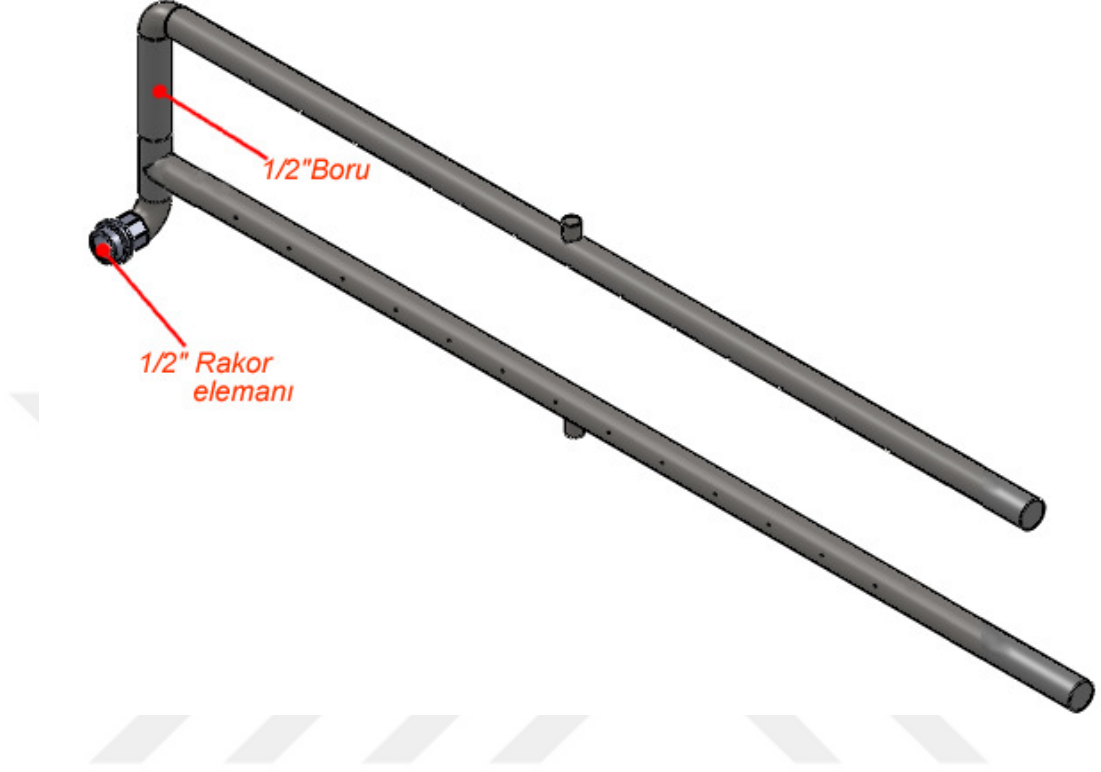
#### 3.2.5.1. Hava Tesisatı Tasarımı

Hava tesisatı; kurutma bölümünde bulunan hava dağıtıcıları, bunu besleyen hatlar ve pnömatik kontrolü besleyen boru ve armatürlere oluşmaktadır.

Alt ve üst hava dağıtıcıları mekanizmadan bağımsız olarak, tek parça ve şasiye sabitlenecek şekilde tasarımı yapılmıştır. Daha önce katı modelleri oluşturulan alt ve üst hava dağıtıcılar yıkama sistemi içerisindeki uygun şekilde boru tesisatı

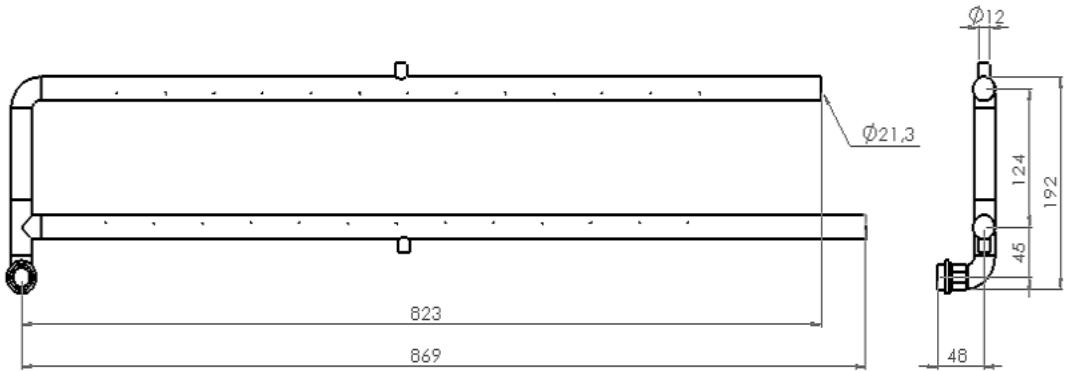


tasarımları yapılarak Şekil 3.106.'da görülen katı model izometrik görünümü elde edilmiştir.



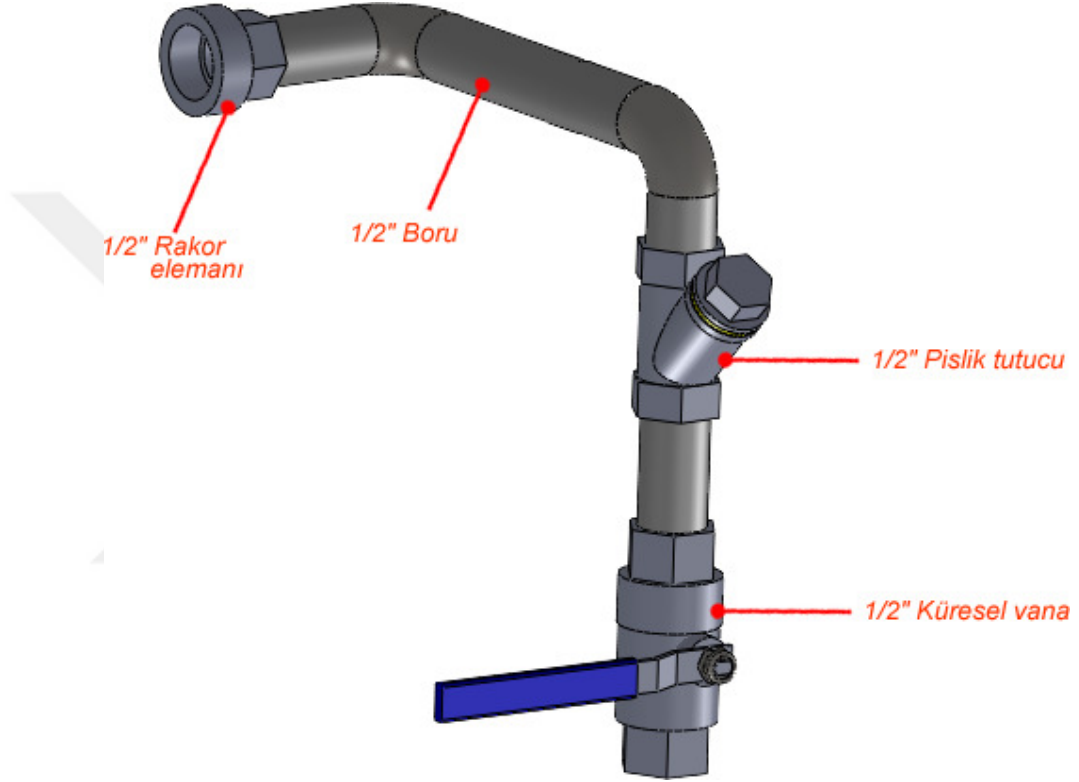
Şekil 3.106. Alt ve üst hava dağıtıcıları katı model montajlı boru parçası

Şekil 3.107.'de oluşturulan katı model tasarımının ön ve yan görünüş ölçülendirme çizimi sunulmuştur.



Şekil 3.107. Alt ve üst hava dağıtıcıları ön ve yan görünüm ölçülendirme çizimi

Hava tesisatının yıkama sisteminden dışarı çıkacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda hava dağıtıcının uygulanabilir montaj açısından sökölüp takılır olması gerekmektedir, bu bir ara-rakor bağlantısı ile oluşturulmuştur. Tesisat hava dağıtıcılardan başlanarak düzenlendiği için şasiden dışarı çıkacak şekilde düzenleme yapılmış ve kontrol armatürleri şasi dışına yerleştirilmiştir. Bu doğrultuda yapılan katı model tasarımı Şekil 3.108.'de gösterilmiştir.

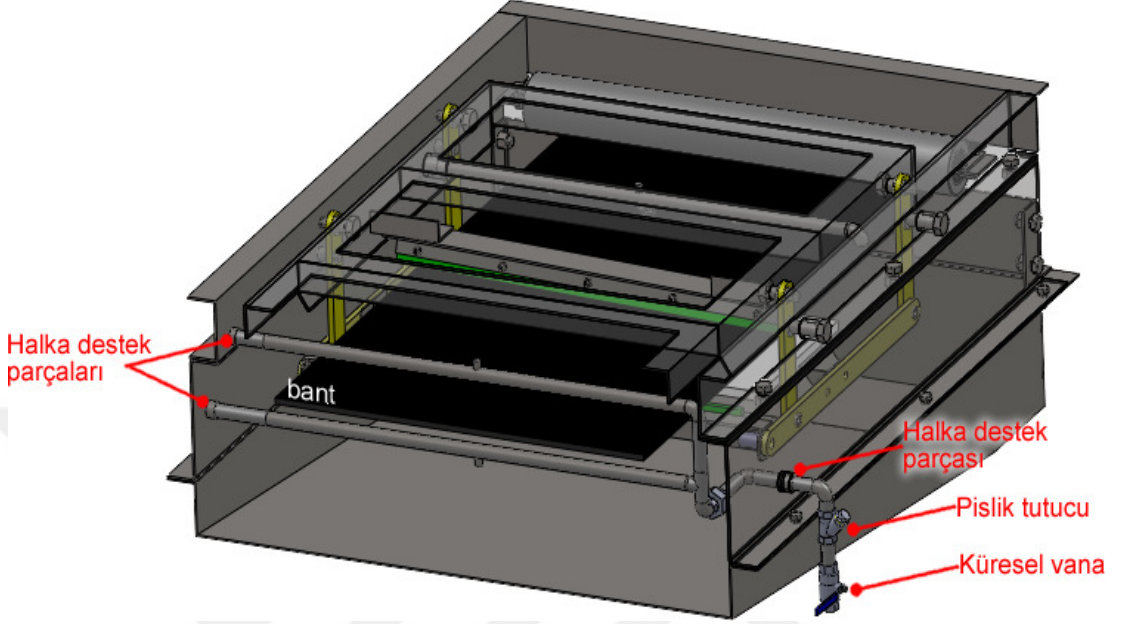


Şekil 3.108 . Hava boru çıkış parçası katı model tasarımı

Tesisata gelen havada olabilecek partiküllerin hava dağıtıcı deliklerini tıkamaması için filtre amaçlı pislik tutucu ve hava beslemesinin açma kapama kontrolü için ise standart armatürler katı model olarak montaj tasarımına eklenmiştir.

Şasiden çıkış noktası boru için bir taşıyıcı görevi göreceğinden, alt grup şasi katı modeline Ø22xØ30x20mm AISI304 halka parçası eklenerek borunun geçiş montajı sağlanmıştır. Gövde üzerinde montajı kolaylaştırmak ve hava tesisatını desteklemek amacıyla aynı şekilde bağlantı yuva parçaları oluşturulmuştur.

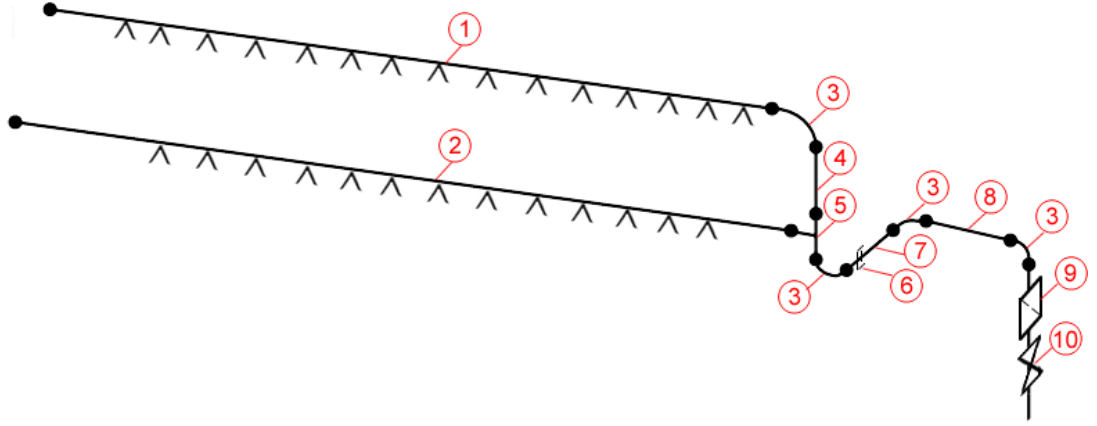
Ø22xØ30x15 mm 2 Adet AISI304 halka biçiminde parça Şekil 3.109.'da görüldüğü şekilde şasi parçalarına kaynaklı birleştirmeli olacak şekilde montaj yapılmıştır.



Şekil 3.109. Hava tesisatının izometrik model kesitinden yerleşiminin gösterimi

Bu düzenlemeler doğrultusunda boru ve tesisat elemanlarının ölçü ve özelliklerini belirten tesisat şeması oluşturulmuştur. Tesisat şeması oluşturulurken hava tesisatının başladığı kısım kumanda noktası olan küresel vana noktasıdır. Küresel vanadan önceki olası tesisat işletme şartlarına göre farklılık gösterebileceğinden bu noktadan önceki tesisatlar mevcut durum şartlarına göre oluşturulması gerekmektedir.

Oluşturulan tesisat şeması aynı zamanda imalat ve montaj aşamasında kullanılması öngörülen malzemelerin listesini de kapsamaktadır. Malzemelerin materyal ve boyutsal özellikleri bu çizelgelerden görülebilmektedir. Bu doğrultuda düzenlenen hava tesisat izometrik projesi Şekil 3.110.'da gösterilmiştir.

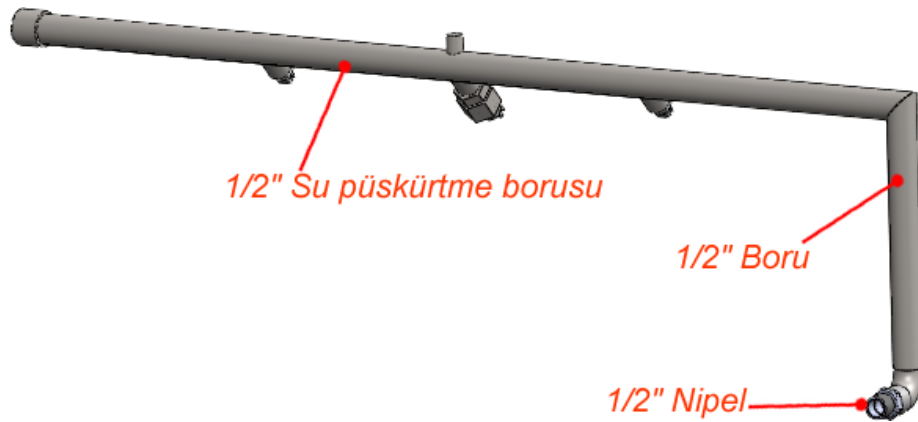


Poz No	Malzeme	Özellik	Materyal	Miktar	Kütle (kg)
1	Hava dağıtıcı boru	Ø21,3x2,11 L=803mm	AISI304L	1 Adet	0,80
2	Hava dağıtıcı boru	Ø21,3x2,11 L=844mm	AISI304L	1 Adet	0,84
3	Dirsek 90°	ANSI B 16.9 1/2" SCH10 BW Dirsek	AISI304L	4 Adet	0,24
4	Boru	Ø21,3x2,11 L=82mm	AISI304L	1 Adet	0,08
5	Tee	ANSI B 16.9 1/2" SCH10 BW Tee	AISI304L	2 Adet	0,10
6	Rakor	ANSI B 16.3 1/2" BW Konik Rakor	AISI304L	3 Adet	0,14
7	Boru	Ø21,3x2,11 L=70mm	AISI304L	1 Adet	0,07
8	Boru	Ø21,3x2,11 L=105	AISI304L	2 Adet	0,10
9	Pislik tutucu	DN15 dişli pislik tutucu	CF8M	1 Adet	0,15
10	Küresel vana	DN15 PN16 dişli 2 parçalı	CF8M	1 Adet	0,38

Şekil 3.110. Hava tesisatının izometrik tesisat projesi ve malzeme listesi

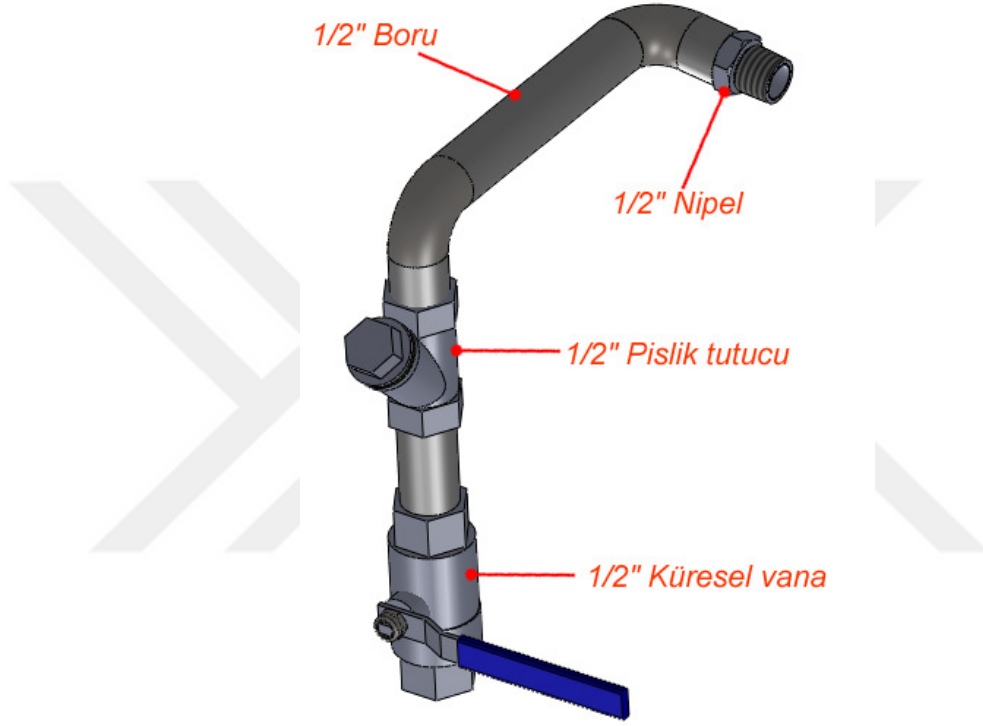
### 3.2.5.2. Su Tesisatı Tasarımı

Su püskürtme sistemi mekanizma üst grup üzerinde olduğu için mekanizma ile birlikte hareket etmektedir. Daha önce katı model tasarımı yapılan dağıtıcı boru üst grup muhafaza parçasından alt gruba boru tesisatı devam ettirilerek olarak Şekil 3.111.'de görülen şekilde katı model tasarımı oluşturulmuştur.



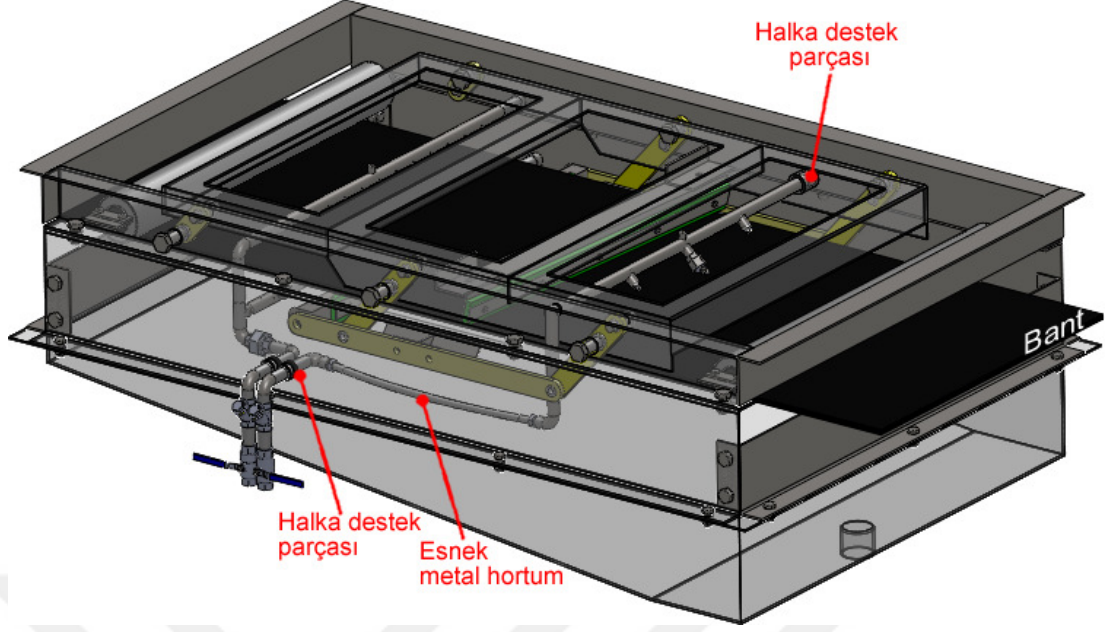
Şekil 3.111. Su püskürtme boru parçası katı model tasarımı izometrik görünümü

Mekanizma hareketinden dolayı su tesisatının bir kısmı esnek olmak durumundadır. Bunun için tasarıma her iki ucu dişli bağlantılı standart paslanmaz çelik tel örgülü esnek hortum dahil edilecektir. Bunun öncesinde çıkış parçasının detaylandırılması ve yerleşimi yapılmıştır. Çıkış parçası katı model tasarımı ve elemanlarının gösterimi Şekil 3.112.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.112. Su püskürtme borusu çıkış parçası katı model izometrik görünümü

Boru parçası kolay kumanda açısından hava çıkışına yakın konumlandırılarak alt grup şasi üzerinden çıkışı yapılmıştır. Hava tesisatında olduğu gibi alt grup şasi katı modeline  $\text{Ø}22 \times \text{Ø}30 \times 20 \text{mm}$  AISI304 halka parçası eklenerek borunun geçiş montajı sağlanmıştır. Üst grup muhafaza parçasına sabitleme ve taşıma amaçlı  $\text{Ø}36 \times \text{Ø}27 \times 40 \text{mm}$  halka parçası montaja dahil edilerek su tesisatının montaj tasarımı tamamlanmıştır. Uygulamada sabitleme bölgelerine montaj sıvı contalama sistemleri sürülerek gevşemez bağlantılar oluşturulacağı öngörülmüştür. Boru tesisatının montajlı sistem üzerinde gösterimi Şekil 3.113.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.113. Mekanizma “2” konumda iken su tesisatının şeffaflandırılmış izometrik model üzerinde yerleşiminin gösterimi

Yıkama sistemi katı model tasarımına yıkama boru tesisatı montajları dahil edilerek mekanizma “1” ve “2” konumunda iken esnek olması planlanan tesisatın boyutları incelenmiştir.

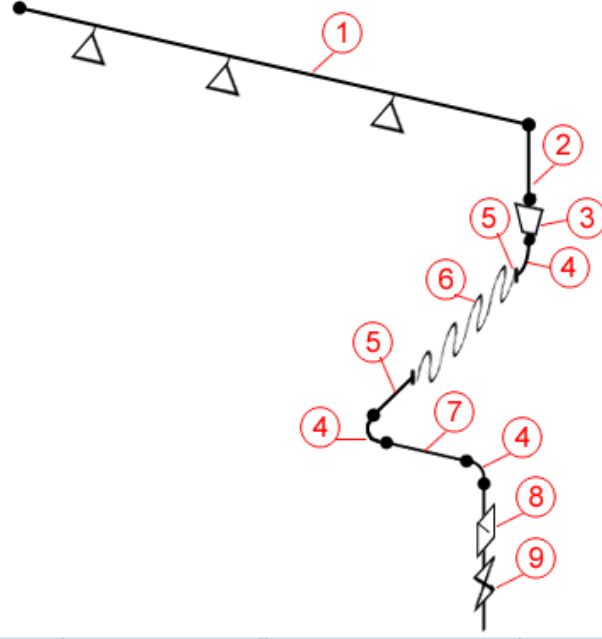
Buna göre;

Mekanizma “1” konumunda iken; gerekli hortum boyu: 410mm.

Mekanizma “2” konumunda iken; gerekli hortum boyu: 443mm olarak ölçülmüştür.

Hortum için gerekli azami uzunluk 443mm’dir. Olası esneme ve montaj toleranslarını göz önüne alarak 450mm uzunluğunda paslanmaz çelik tel örgülü dişli bağlantılı esnek hortum tercih edilmiştir.

Boru ve tesisat elemanlarının ölçü ve özelliklerini belirten tesisat şeması oluşturulmuştur. Şekil 3.114.’te gösterilmiştir.



Poz No	Malzeme	Özellik	Materyal	Miktar	Kütle (kg)
1	Su püskürtme borusu	Ø26,67x2,11 L=745mm	AISI304L	1 Adet	0,75
2	Boru	Ø26,67x2,11 L=180mm	AISI304L	1 Adet	0,19
3	Redüksiyon	ANSI B 16.9 3/4"x1/2" BW K.Redüksiyon	AISI304L	1 Adet	0,15
4	Dirsek 90°	ANSI B 16.9 1/2" SCH10 BW Dirsek	AISI304L	3 Adet	0,18
5	Nipel	1/2" Boru dış nipel (L=35mm)	AISI304L	2 Adet	0,07
6	Esnek örgülü hortum	Ø21,5x2,5 L=450mm	AISI304L	1 Adet	0,50
7	Boru	Ø21,3x2,11 L=105mm	AISI304L	1 Adet	0,11
8	Pislik tutucu	DN15 dişli pislik tutucu	CF8M	1 Adet	0,15
9	Küresel vana	DN15 PN16 dişli 2 parçalı	CF8M	1 Adet	0,38

Şekil 3.114. Alt şerit yıkama izometrik tesisat projesi ve malzeme listesi

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

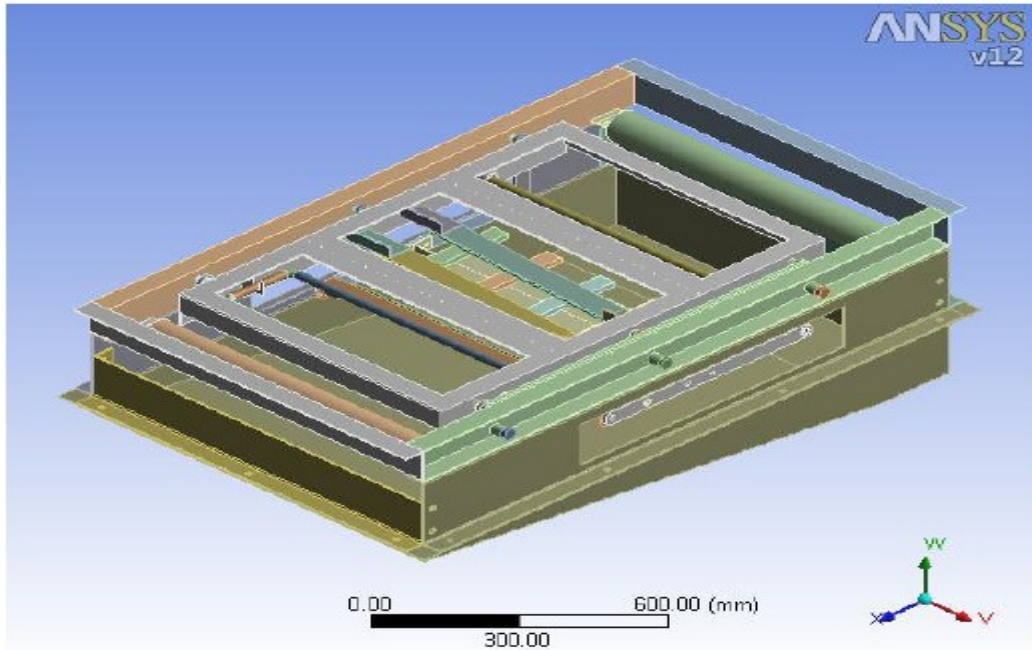
### 4.1. TASARIMIN ANALİZ EDİLMESİ

Katı modelleri oluşturulan yıkama sistemi konstrüksiyonunun ve montajlı gruplarının, sisteme etkiyen kuvvetler doğrultusunda mekanik dayanımları incelenmesi ve uygunluklarının teyit edilmesi gerekmektedir. Analiz çalışmaları bu konuda özelleşmiş olan yazılımlarla yapılabilmektedir. Bu konuda tercih edilen yazılım aşağıdaki gibidir;

Program: Ansys 12.0.1 Release

Analiz yöntemi: Sonlu elemanlar metodu

Solidworks programında oluşturulan katı model çalışmaları Ansys programında da kullanılabilir. Bundan dolayı oluşturulan katı model dosyaları Ansys programına aktarılmıştır. Ansys programına aktarılan yıkama sistemi ekran görüntüsü Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ansys programına aktarılan katı model montaj tasarımı görüntüsü



Ansys programına aktarılan katı model; program tarafından boyutsal, hacimsel ve kütleli nicelikleri açısından değerlendirilir. Bunun yanında analiz şartlarının oluşturulabilmesi için model geometrisi ve parça montaj ilişkilerinin seçeneklerden tanımlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda programın sunduğu geometri raporu Çizelge 4.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Model geometrisi tanımlamaları

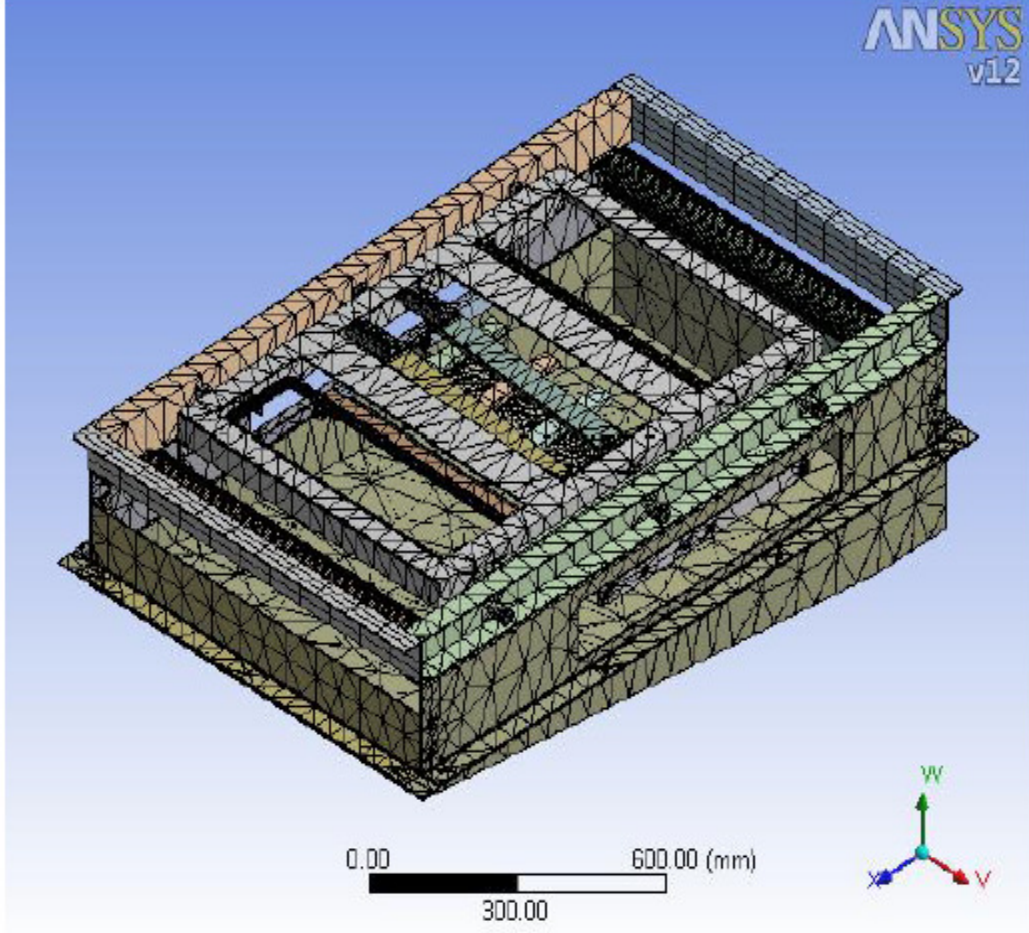
Object Name	Geometry
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Source	C:\Users\Onur\Desktop\YIK_BAND_ANALİZ\pz-21_M_Çerçeve.x_t
Type	Parasolid
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
<b>Bounding Box</b>	
Length X	1042, mm
Length Y	503, mm
Length Z	1600, mm
<b>Properties</b>	
Volume	2,4532e+007 mm <sup>3</sup>
Mass	192,57 kg
Scale Factor Value	1,
<b>Statistics</b>	
Bodies	110
Active Bodies	110
Nodes	266980
Elements	75065
Mesh Metric	None
<b>Preferences</b>	
Import Solid Bodies	Yes
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	No
Parameter Processing	Yes
Personal Parameter Key	DS
CAD Attribute Transfer	No
Named Selection Processing	No
Material Properties Transfer	Yes
CAD Associativity	Yes
Import Coordinate Systems	Yes
Reader Save Part File	No
Import Using Instances	Yes
Do Smart Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Onur\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

Parça geometrileri, koordinat sistemleri, montaj ilişkileri tanımlanmasının ardından analiz için “mesh” tanımlaması yapmak gerekmektedir. ANSYS sonlu elemanlar yöntemini kullanan bir yazılımdır. Bu yöntem incelenecek olan modelin birçok küçük elemana bölünmesi ve düğüm noktalarının analiz edilmesi üzerine kuruludur. Bu doğrultuda yapılan tanımlamalar Çizelge 4.2.’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Mesh yapısının sisteme tanımlanması

Object Name	Mesh
State	Solved
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
<b>Sizing</b>	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Minimum Edge Length	1,0 mm
<b>Inflation</b>	
Use Automatic Tet Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<b>Advanced</b>	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
<b>Pinch</b>	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate on Refresh	No
<b>Statistics</b>	
Nodes	266980
Elements	75065
Mesh Metric	None

Ansys programında tanımlanan mesh yapısı katı model montajlı parçalarına uygulandığında Şekil 4.2.'de görülen elemanlara ayrılmış katı model izometrik görünümü elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Katı model elemanlara ayrılmış ağ yapısı izometrik görünümü

Buna göre analiz yazılımı katı modeli 75065 elemana ve 266980 düğüm noktasına bölmüştür. Bu aşamadan sonra statik olarak analiz edilecek sisteme etki eden kuvvetlerin tanımlanması ve analiz şartlarının oluşturulması gerekmektedir. Yer çekimi, ortam sıcaklığı, Şekil 3.12.'de daha önce belirlenmiş banttın yıkama sistemine etkiyen kuvvetlerin tanımlanması Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Statik analiz verilerin sisteme tanıtılması

Object Name	Static Structural (A5)
State	Solved
<b>Definition</b>	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	ANSYS Mechanical
<b>Options</b>	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

Object Name	Standard Earth Gravity
State	Fully Defined
<b>Scope</b>	
Geometry	All Bodies
<b>Definition</b>	
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	-0, mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Y Component	-9806,6 mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Z Component	-0, mm/s <sup>2</sup> (ramped)
Suppressed	No

<b>Scope</b>			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	1 Face		
<b>Definition</b>			
Type	Fixed Support	Force	
Suppressed	No		
Define By	Components		
Coordinate System	Global Coordinate System		
X Component	0, N (ramped)		
Y Component	1000, N (ramped)	-1000, N (ramped)	376, N (ramped)
Z Component	0, N (ramped)		-1343, N (ramped)

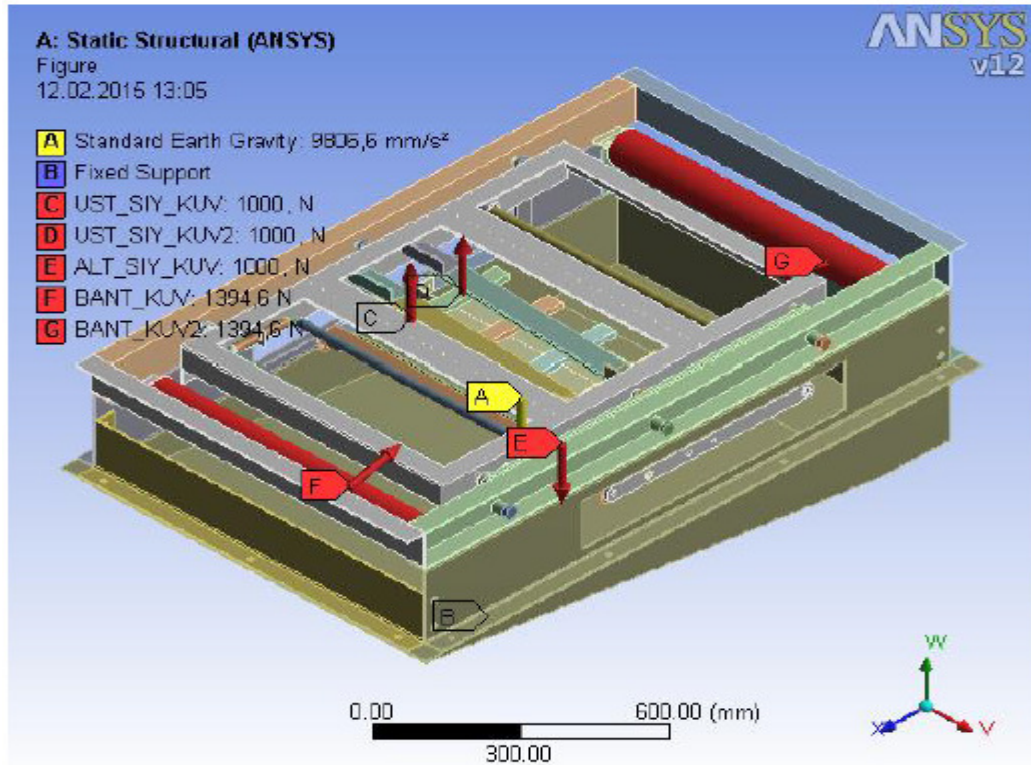
Object Name	BANT_KUV2
State	Fully Defined
<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
<b>Definition</b>	
Type	Force
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	0, N (ramped)
Y Component	376, N (ramped)
Z Component	1343, N (ramped)
Suppressed	No

Katı modeli oluşturan malzeme özelliklerinin de analiz öncesinde sisteme tanımlanması gerekmektedir. AISI304L paslanmaz çelik malzemenin akma sınırındaki gerilme mukavemeti ve azami gerilme mukavemeti verileri Çizelge 4.4.'te belirtilen şekilde tanımlanmıştır.

Çizelge 4.4. Malzeme verilerinin sisteme tanıtılması

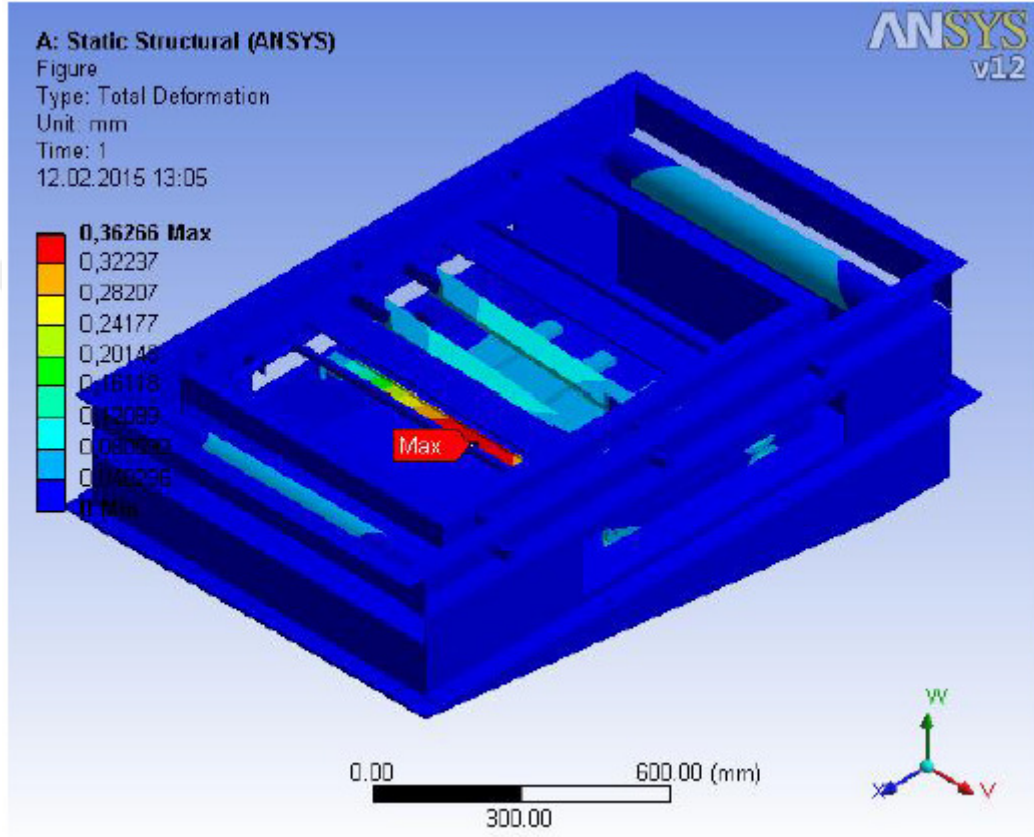
Density	7.85e-006 kg mm <sup>-3</sup>	
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C <sup>-1</sup>	
Specific Heat	4.34e+005 mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>	
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>	
Resistivity	1.7e-004 ohm mm	
Compressive Ultimate Strength MPa		
0		
Compressive Yield Strength MPa		
250		
Tensile Yield Strength MPa		
250		
Tensile Ultimate Strength MPa		
460		
Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio
	2.e+005	0.3

Yapılan tanımlamalar doğrultusunda katı model izometrik görünüm üzerinde etkiyen kuvvetlerin gösterimi Şekil 4,3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Katı modelde tanımlanmış kuvvetlerin izometrik görünümde gösterimi

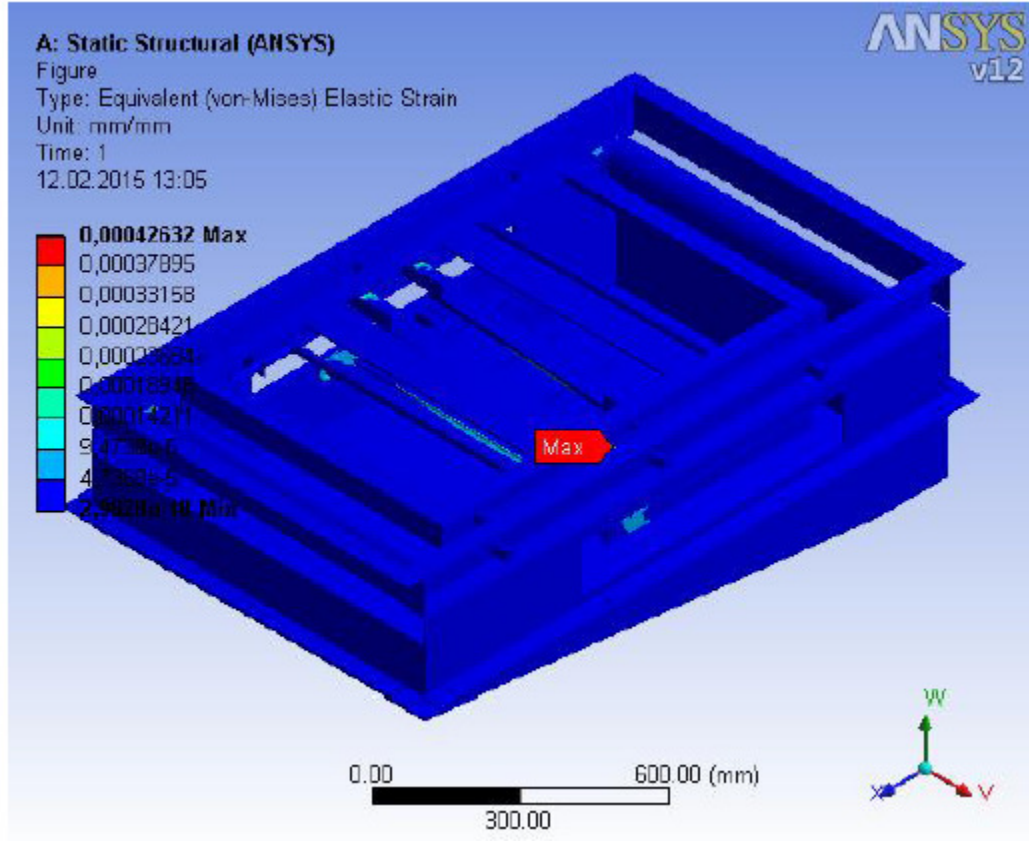
Tanımlama işlemlerinin tamamlanması ardından Ansys programı analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Ansys programı analiz işlemi neticesini ekranda renk skalası üzerinde sınıflandırarak parça üzerinde sonuçları renklendirme ile ifade etmektedir. Şekil 4.4.'te toplam deformasyon için analiz sonucunun izometrik görünümde gösterimi sunulmuştur.



Şekil 4.4. Toplam deformasyon analiz sonuçlarının gösterimi

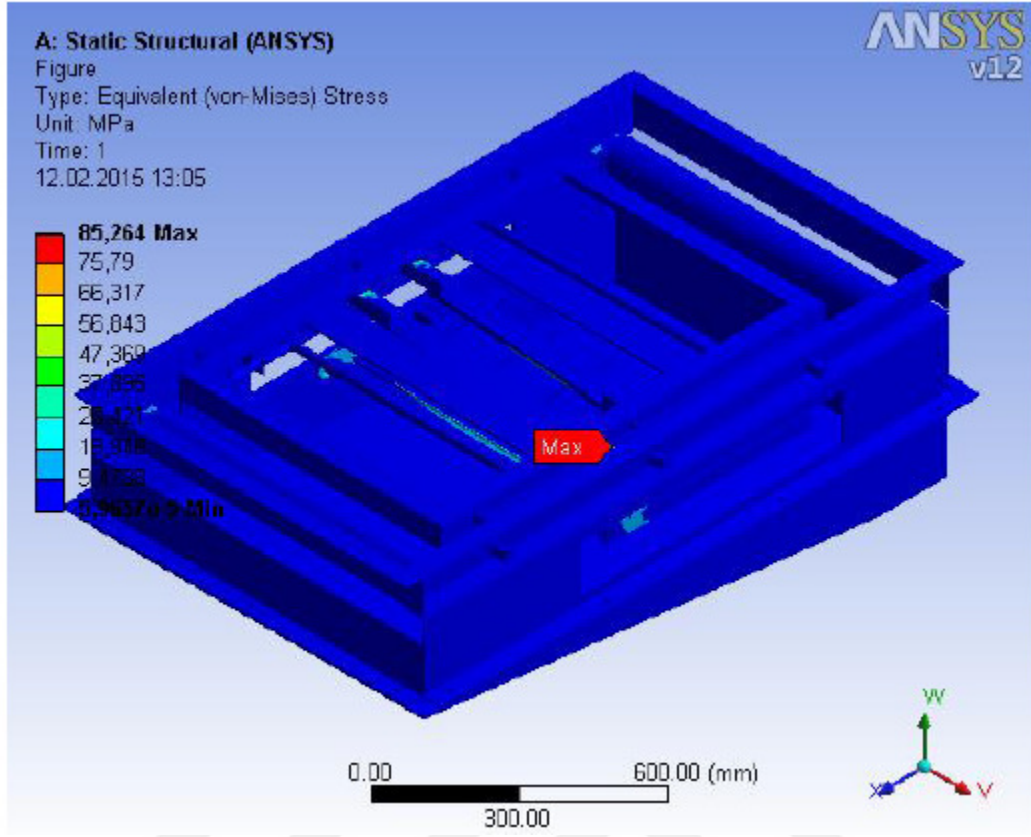
Buna göre alt sıyırıcı parçası diğer parçalar kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Alt sıyırıcı 0,36mm üzerinde şekil değiştirme ile yeterli mukavemet gösteremediği görülmüştür.

Statik analiz kapsamında elastik gerilme analiz sonucu Şekil 4.5.'te gösterilmiştir. Buna göre sıyırıcı taşıyıcı parçası elastik deformasyonu sınırların üzerinde olup yeterli dayanımda olmadığı görülmüştür.

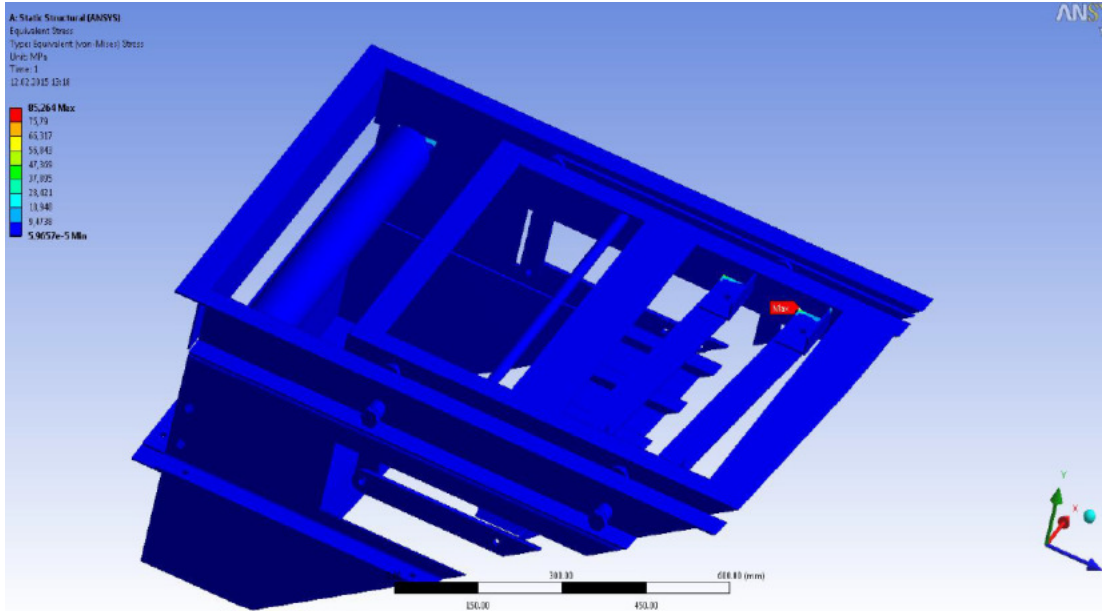


Şekil 4.5. Elastik deformasyon analiz sonuçlarının gösterimi

Statik analiz kapsamında eşdeğer gerilme analiz sonucu Şekil 4.6.'da gösterilmiştir. Aynı şekilde sıyrıcı taşıyıcı parçası elastik deformasyonu sınırların üzerinde olup yeterli dayanımda olmadığı görülmüştür. Bu parçadaki spektrumun daha detaylı görülmesi için Şekil 4.7.'de sunulan kesit gösterimde kaynaklı bağlantı bölgesinde dayanımın düşük olduğu daha net görülmektedir.



Şekil 4.6. Eşdeğer gerilme analiz sonuçlarının gösterimi



Şekil 4.7. Sıyırıcı taşıyıcı parça eşdeğer gerilme sonucunun detaylı kesit gösterimi

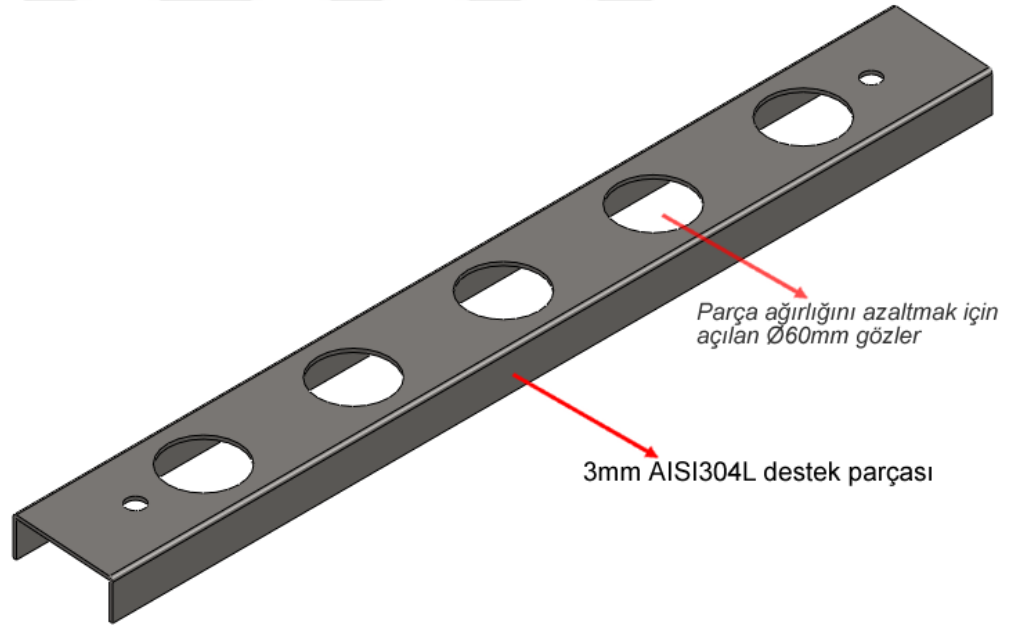


## 4.2. ANALİZ BULGULARI DOĞRULTUSUNDA YAPILAN DÜZENLEMELER

Yapılan katı model tasarımlarının bilgisayar destekli analiz sonuçları değerlendirilerek ilgili yıkama sistemi parçaları yeniden düzenlenmiştir.

### 4.2.1. Analiz Sonucu Güçlendirme Yapılan Parçalar

ANSYS programı yardımıyla elde edilen analiz bulgularına göre üst silgi destek parçaları elastik gerinim ve eşdeğer gerilme sınırlarının üzerindedir. Bu parçaların üzerinde burulma kuvvetleri neticesinde deformasyonlar oluşabileceğinden parça tasarımı “U” formunda güçlendirilerek Şekil 4.8.’de gösterildiği şekilde yeniden düzenlenmiştir.

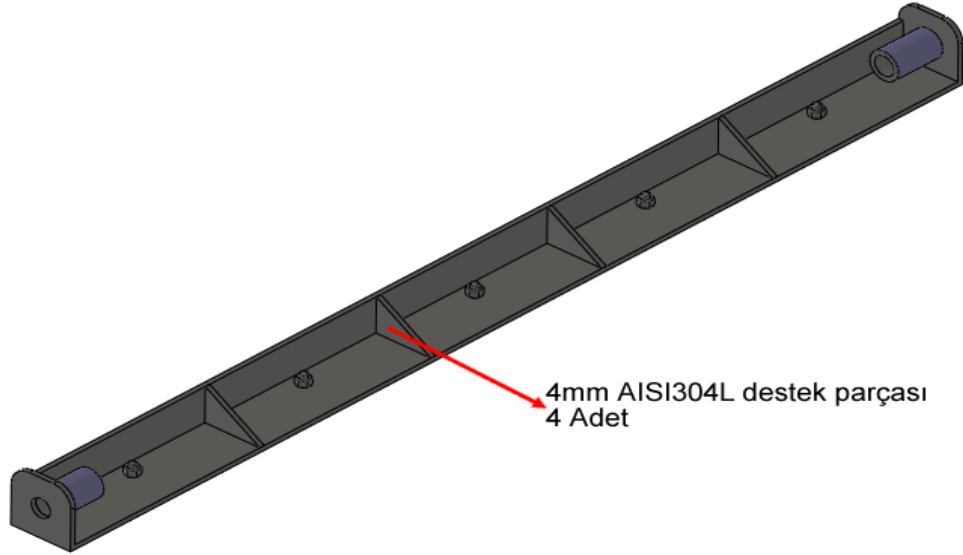


Şekil 4.8. Silgi destek parçası için revize edilen katı model izometrik görünümü

Üst silgi destek parçası metot çizelgesinde güncellenerek iki adet parçadan tek parçaya düşürülmüştür. Aynı şekilde üst muhafaza parçasının katı model montaj modeli güncellenmiştir.

Gerçekleştirilen üst silgi destek parçası imalatı ardından eski tip kaynaklı bağlantılı destek parçaları sökülerek aynı montaj ölçülerinde yeni tip destek parçası kaynaklı olarak birleştirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre banttın etki eden kuvvetlerin etkisi ile en fazla toplam deformasyon alt sıyırıcı parça üzerinde oluşmaktadır. Bu parça üzerindeki plastik deformasyonların önüne geçebilmek ve dayanımını artırmak amacıyla bükümlü parça içerisine kaynaklı destek parçaları tasarıma ilave edilmiştir. Şekil 4.9.'da güncellenen katı model tasarımı gösterilmiştir.



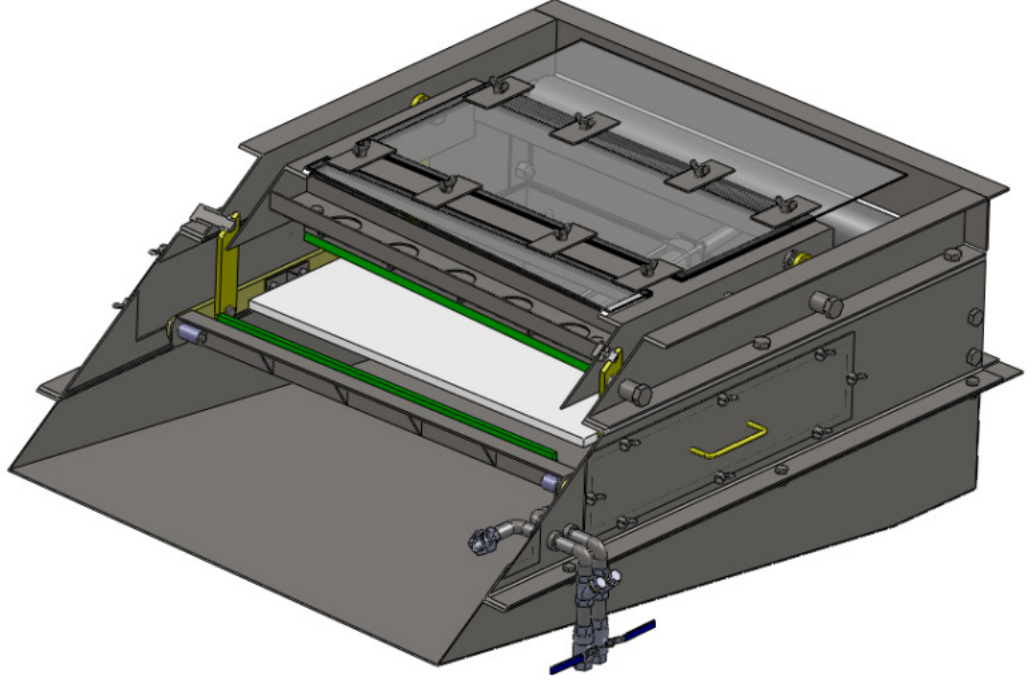
Şekil 4.9. Alt sıyırıcı destek parçası güçlendirme parçalarının katı model gösterimi

Güçlendirme tasarımı sonrası alt silgi destek parçası montajlı sistemden sökülerek güçlendirme parçalarının kaynaklı birleştirilmesi Şekil 4.10.'da sunulan fotoğraftaki görüldüğü gibi yapılmış ve sisteme tekrar montajı yapılmıştır.



Şekil 4.10. Alt sıyrıcı destek parçası kaynaklı güçlendirme imalatından bir görünüm

Yeniden düzenlenen parçaların montaj resminde güncellenmesi ile oluşturulan katı model izometrik kesit görünümü Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Analiz sonrası düzenlenen parçaların katı model montaj çalışması kesiti üzerinde gösterimi

#### 4.2.2. Fonksiyonel Gereksinimlerin Tasarıma Dahil Edilmesi

Yıkama sistemi devrede iken su püskürtme işlemi esnasında üst kısımdan su zerreciklerinin ve hava etkisinde yayılan kirlilik etmenlerinin sistem dışına çıkmaması gerekmektedir. Aynı zamanda üst kısımda yük taşıyan banttın olabilecek toz ve döküntülerinin, bant çevresindeki atmosferden gelebilecek istenmeyen kirlilik faktörlerinin sisteme dahil olmaması için bir izolasyon oluşturulması gerekmektedir.

Bu izolasyon parçaları aynı zamanda operatörün sistemi gözetleyebilmesine imkan vermeli, kolay sökülebilir takılabilir şekilde olmalıdır. Bu çalışmada 2mm kalınlıkta şeffaf akrilik (pleksi-glas) levhalar uygulanacak şekilde tasarım uygulaması yapılmıştır.

Kapaklardan su püskürtme haznesi üzerinde olan kısım giriş rulosunun üstünü mekanizma “2” konumunda iken kapatacak şekilde uzatılması ve böylece dönen rulodan olası sistem dışına su sıçramalarının önüne geçilmesi öngörülmüştür.

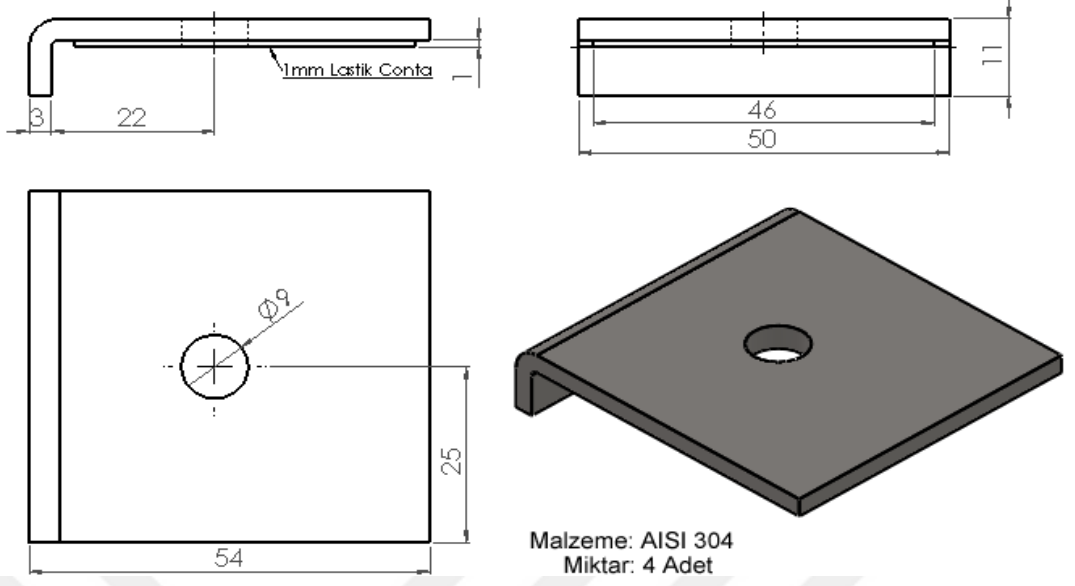
Şeffaf kapak plakaları ile üst muhafaza metal yüzeyi arasında titreşimleri sönmölemek ve sızdırmazlığı sağlamak üzere 5x15mm kesitte dikdörtgen kesitli NBR kauçuk fitiller kullanılması öngörülmüştür. Bu doğrultuda şeffaf plakalardan üç ayrı kapak tasarımı oluşturulmuş ve ölçüleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

1 No’lu kapak: 2x280x680mm.

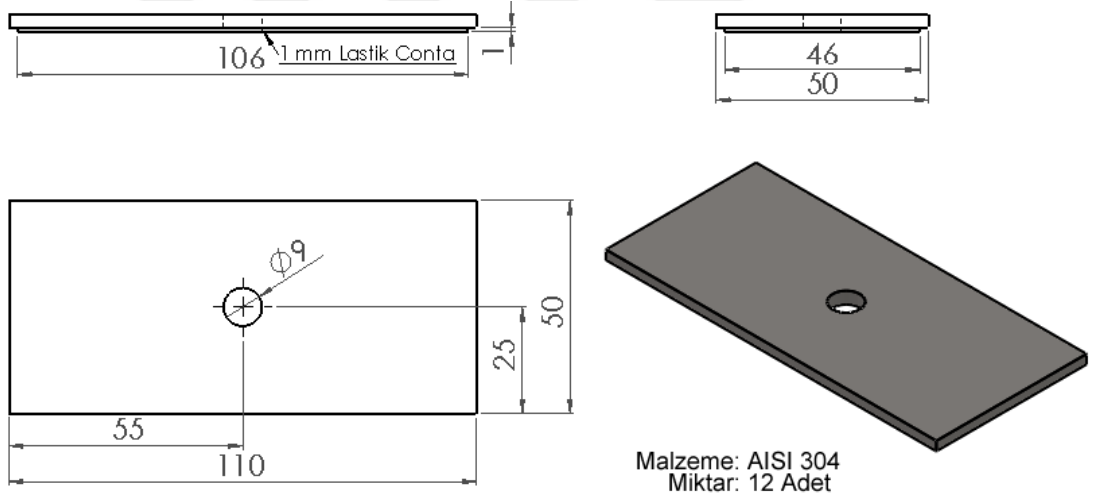
2 No’lu kapak: 2x322x680mm.

3 No’lu kapak: 2x530x680mm.

Silikon esaslı yapıştırıcı ile sabitleneceği öngörülen kauçuk sızdırmazlık fitilleri üzerine şeffaf kapakların kolay sökülür takılabilir aynı zamanda yeterli bir baskıda tutulabilmeleri için, iki ayrı tipte baskı parçası oluşturulmuştur. Baskı parçaları katı modele esas tasarımları Şekil 4.12.ve Şekil 4.13.’te gösterilmiştir.

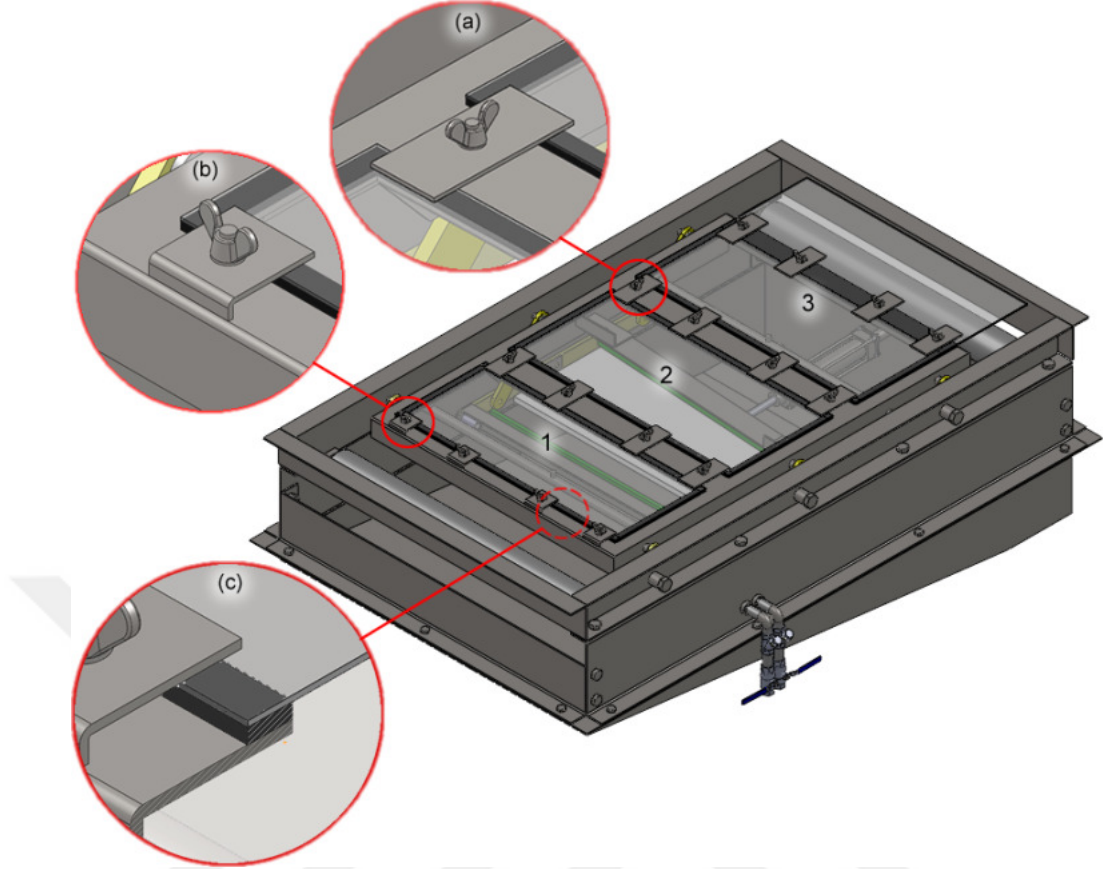


Şekil 4.12. Kenar baskı parçası ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümü



Şekil 4.13. Orta baskı parçası ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümü

Sızdırmazlık fitilleri üzerine baskı parçaları ile montajlı kapakların katı model tasarımında izometrik görünümü ve detayları Şekil 4.14.'de verilmiştir.

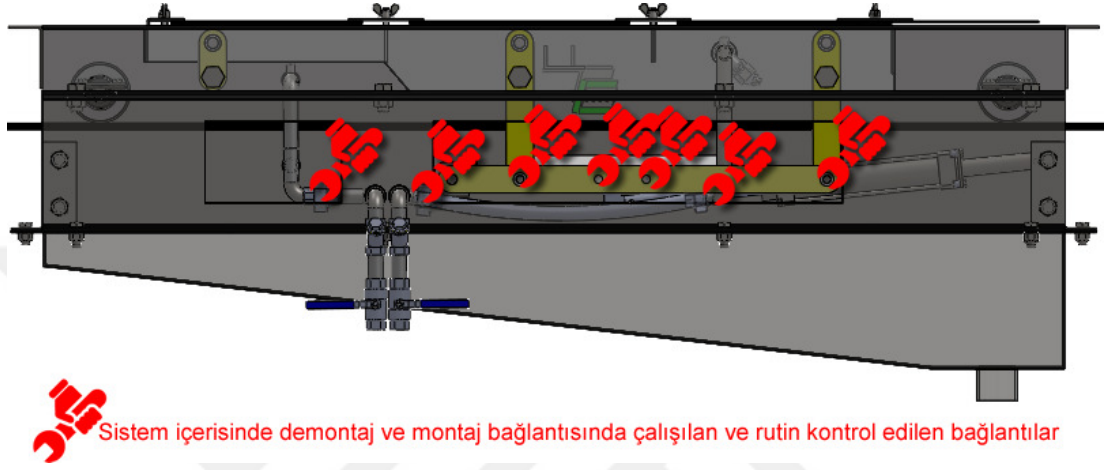


Şekil 4.14. Şeffaf kapakların montaja dahil edilmiş izometrik katı model görünümü

Baskı parçaları montaj işlevi için üst muhafaza parçası üzerine 16 adet A2 paslanmaz çelik sınıfında DIN 975 standardında M8 dişli çubuklardan 25mm saplamalar kaynaklı bağlantılı olarak tasarıma dahil edilmiştir.

Montaj metodu olarak; yapıştırılan fitil parçaları üzerine şeffaf plakalar konulur, baskı parçaları Şekil 4.14. (a) ve (b) detaylarında görülen konumlarında yerleştirirler. 16 adet baskı parçası için dişli bağlantılara A2 paslanmaz çelik sınıfında DIN 125 standardında M8 pul yerleştirilerek üzerine A2 paslanmaz çelik sınıfında DIN 315 standardında M8 kelebek somun sıkılır. Şekil 4.15. (c) detayında kapak üzerinde oluşturulan baskı parçası bağlantısının kesit görünümü sunulmuştur. Bu uygulama ile baskı parçaları bir miktar gevşetilerek aradan kapağın kolayca çıkarılabileceği aynı şekilde baskının sıkılarak geri takılabileceği bir tasarım oluşturulmuştur.

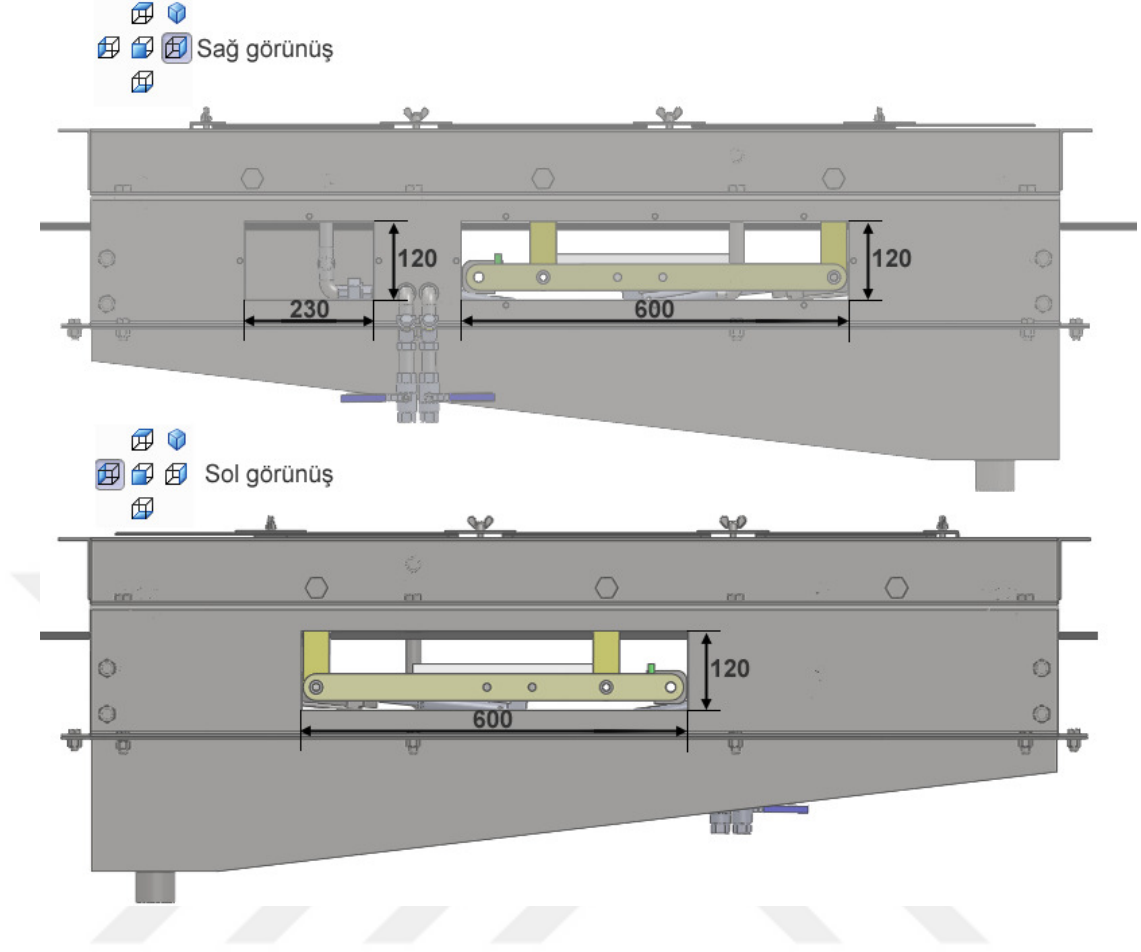
Yıkama sisteminde bakım ve kontrol amaçlı sistem içerisindeki elemanlara müdahale edilmesi ihtiyacı vardır. Üst gruptaki parçalara bant arasındaki açıklıktan rahatlıkla müdahale edilebilmektedir, fakat alt gruptaki parçalar tasarım gereği kapalı bir şasi içerisinde kalmaktadır. Bu bölgede kalan ve çalışma yapılması gereken noktalar anahtar sembolü ile Şekil 4.15.'te işaretlenmiştir.



Şekil 4.15. Katı model şeffaflştırılmış sağdan görünüm üzerinde sistem içinde müdahale edilmesi gereken noktaların gösterimi

Şekil 4.15.'te belirtilen çalışma noktaları için en uygun açıklık ölçüleri alt grup şasinin sağ ve sol görünüm katı modelinde Şekil 4.16.'da gösterilmiştir.

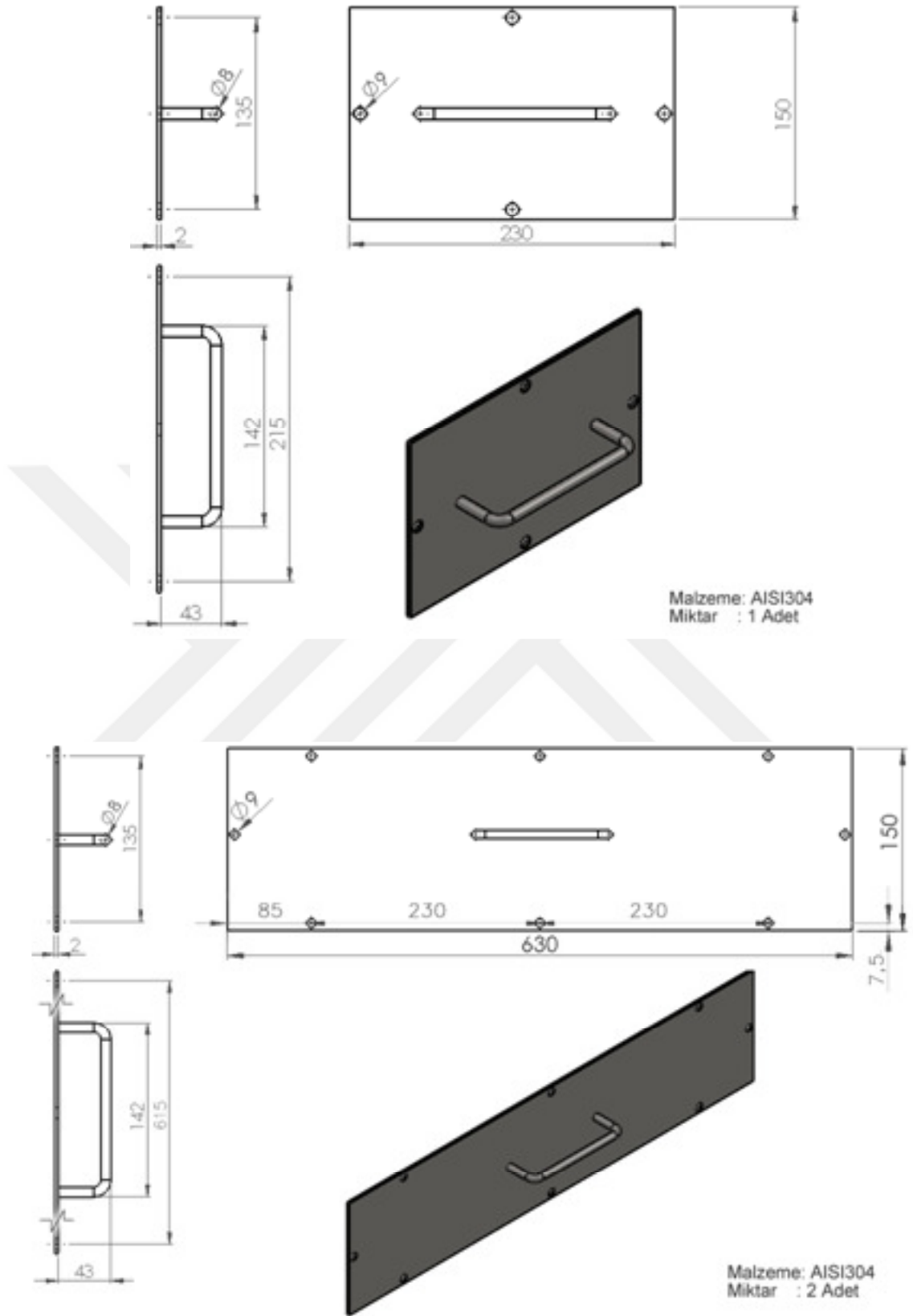
Burada 120x230mm ölçüsü hava tesisatını bu açıklıktan içeri sokabilecek şekilde ve bağlantılarını el ve aleti ile yapılabilecek şekilde uyarlanmıştır. 120x600mm ölçüsü ise mekanizma mafsallı bağlantılarına imkân verecek biçimde ve alt kızak tablasını içeri sokabilecek şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 4.16. Katı model sağ ve sol görünüm üzerinde açıklık ölçülerinin gösterimi

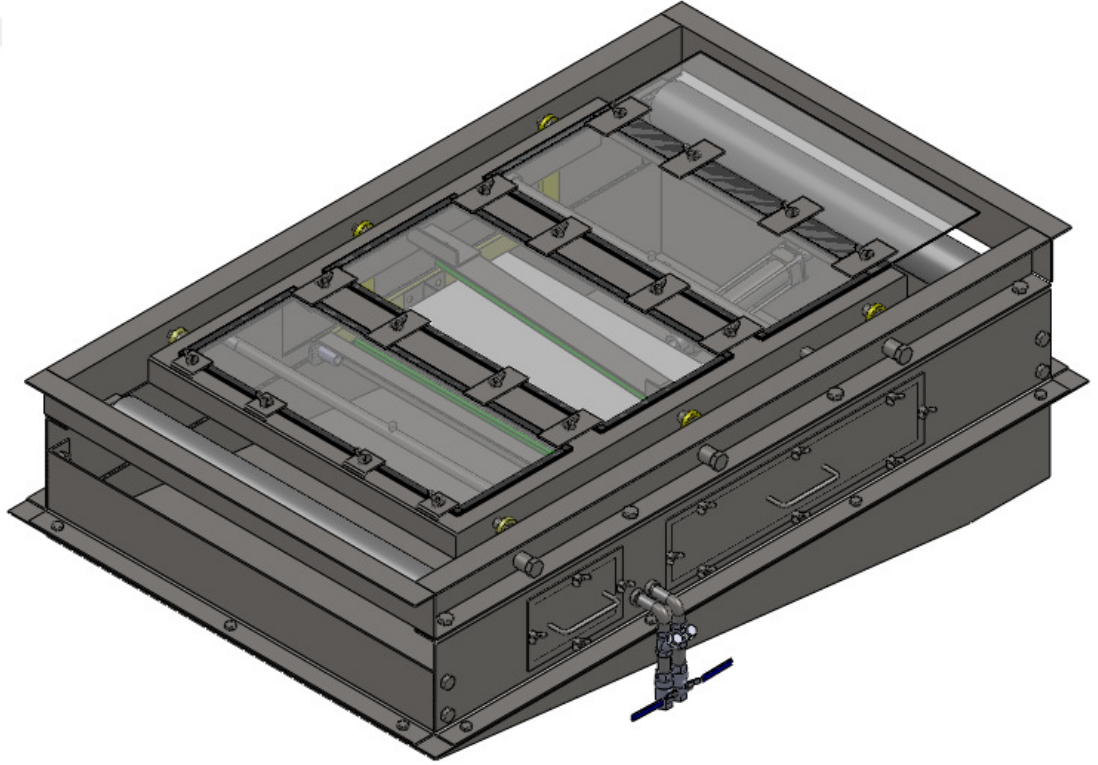
Bu açıklıklara uygun olarak işlem yapılmayan süreçler için kapalı tutulmasını ve sızdırmaz olmasını sağlayacak kapaklar oluşturulmuştur. İki ayrı tipte olan kapaklar 2mm AISI304 malzemeden tercih edilerek düzenlenmiş ve Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.





Şekil 4.17. Alt grup kapakları ISO-A izdüşüm ve izometrik görünümleri

Kapakların iç kenar yüzeylerinde 1mm kalınlığında 15mm eninde kauçuk conta şerit uygulanarak sızdırmazlık sağlanması öngörülmüştür. Alt grup şasi üzerine bağlantı delik eksenlerine uygun olarak montaj işlevi için 20 adet A2 paslanmaz çelik sınıfında DIN 975 standardında M8 dişli çubuklardan 15mm saplamalar kaynaklı bağlantılı olarak tasarıma dahil edilmiştir. Kapaklar; her bir bağlantı için, A2 paslanmaz çelik sınıfında DIN 125 standardında M8 pul üzerine A2 paslanmaz çelik sınıfında DIN 315 standardında M8 kelebek somun kullanılarak sabitlenecektir. Bu doğrultuda yapılan katı model tasarım montaj çalışması izometrik görünümü Şekil 4.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Alt grup şasi kapakları montajlı katı model izometrik görünümü

### 4.3. İMALAT VE MONTAJ SÜRECİ BULGULARI

Şekil 3.28.'de gruplandırılmış “poz” numaraları üzerinden tamamlanan yıkama sistemi katı model tasarımının, imalat öncesinde tüm işlem süreçlerinin bu parça kodları üzerinden tanımlanması gerekmektedir.

İmalat ve montaj işlemlerinin detaylandırılması için bir metot çalışması yapılmıştır. İmalatı yapılacak parçaların bir araya gelerek yıkama sistemi elemanlarını meydana getirmek üzere montaj ilişkileri mevcuttur. “Poz” numaraları ile ifade edilen parça kodları; montajı sıralamasını ifade edecek bir sıralama ile tanımlanmıştır. Bu düzenlemeler ile ana montaj parçalarından alt montaj parçalarına doğru detaylandırılan bir parça ağacı oluşmaktadır.

Bu çalışma kapsamında montajı oluşturan parçalardan hangilerinin standart malzemelerden temin edilerek doğrudan montajda kullanabileceği “Mlz” kodu ile, imalat neticesinde elde edilecek parçalar ise "Poz" kodu ile tanımlanmıştır.

Tüm bu düzenlemeler bir çizelgede toplanmış, imalatı yapılacak parçaların imal usulleri uyarınca hangi işlemlere tabi olacağı çizelgeye dahil edilmiştir. Her bir parça için tabi olduğu imalat türü "X" sembolü ile işaretlenmiştir.

Belirlenen kriterler doğrultusunda oluşturulan metot formu, Çizelge 4.5.’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Yıkama sistemi imalat metot çizelgesi

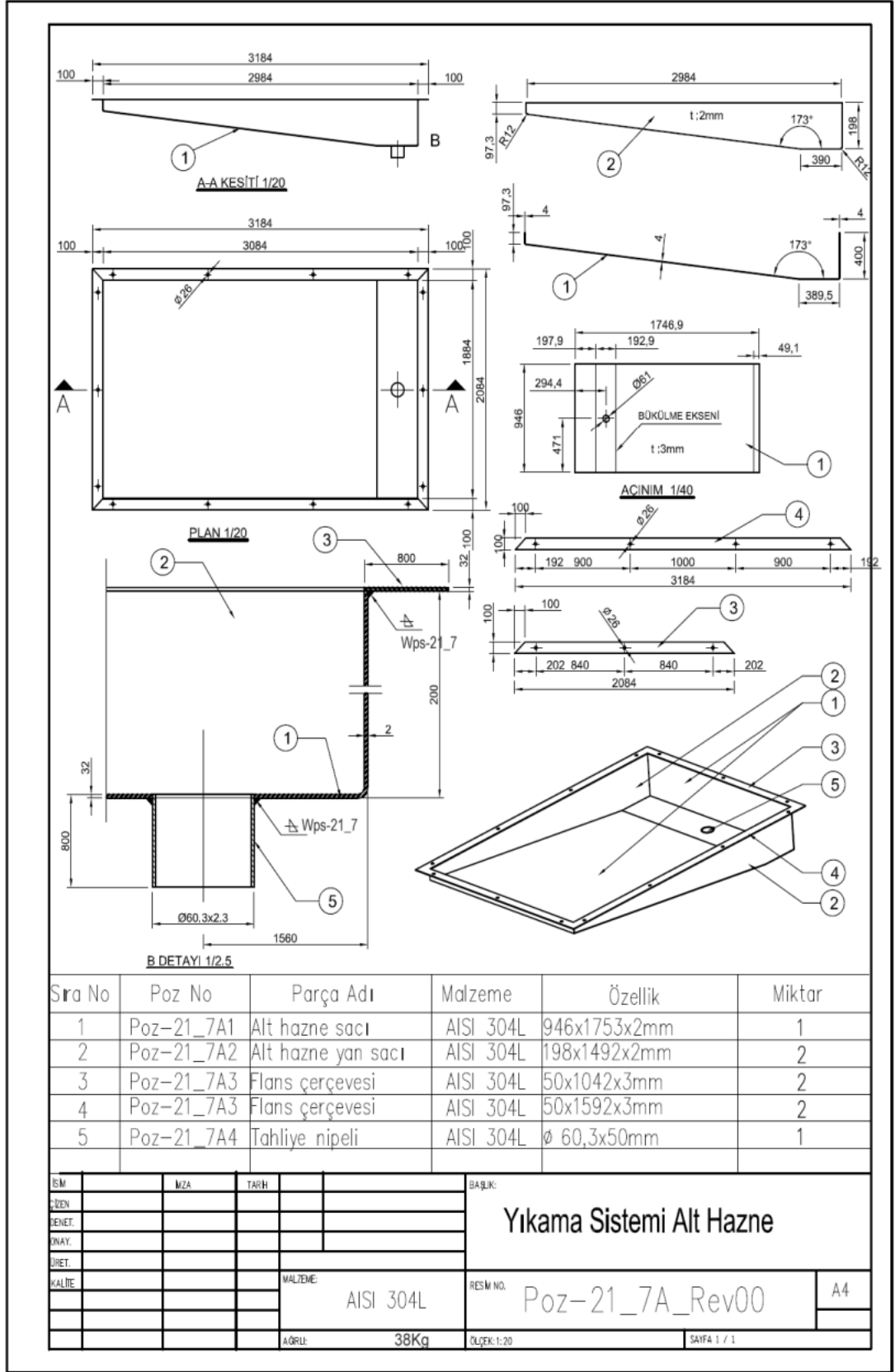
Montaj Parçaları Pozları	Tanım	Montaj takımı miktarı	Miktar (Adet)	Teknik Resim No	İmal usulleri					Standart parça
					Kesim	Büküm	Delme	Torna	Kaynak	
<b>Poz-21</b>	<b>Yıkama Sistemi</b>			POZ-21						
L Poz-21_1A	Üst Grup Şasi	1		POZ-21-1A-Rev00					X	
L Poz-21_1A1	Üst şasi (sağ)		2		X	X	X	X		
L Poz-21_1A2	Travers		1		X	X				
L Poz-21_1A3	Üst şasi (sol)		1		X	X	X	X		
L Poz-21_1A4	Rulo taşıyıcı		4		X	X	X			
L Poz-21_1A5	Rulo baskı		4		X		X			
L Mlz-21_1A1	Civata:DIN933 A2 M8x16mm		8							X
L Mlz-21_1A2	Somun:DIN934 A2 M8		8							X
L Mlz-21_1A3	Pul: DIN125 A2 M8		8							X
L Poz-21_1A6	Paslanmaz Rulo	2		POZ-21-1A6-Rev00					X	
L Poz-21_1A61	Rulo borusu		2		X			X		
L Poz-21_1A62	Rulo kapağı		4		X			X		
L Poz-21_1A63	Rulo toz kapağı		4		X			X		

Montaj Parçaları Pozları	Tanım	Montaj takımı miktarı	Miktar (Adet)	Teknik Resim No	İmal usulleri					Standart parça
					Kesim	Büküm	Delme	Torna	Kaynak	
L Poz-21_1A64	Rulo mili		2		X			X		
L Mlz-21_1A4	Rulman: 6204 C3 ZZ		4							X
L Poz-21_1A7	Bağlantı Braketi		4		X		X			
L Mlz-21_131	Cıvata:DIN933 A2 M16x30mm		12							X
L Mlz-21_132	Somun:DIN934 A2 M16		12							X
L Poz-21_2A	<b>Üst Muhafaza</b>	1		POZ-21-2A-Rev00					X	
L Poz-21_2A1	Üst muhafaza şasi		1		X	X	X	X	X	X
L Poz-21_2A2	Üst silgi support		2		X	X	X			
L Poz-21_2A3	Üst sınırcı	1		POZ-21-2A3-Rev00						
L Poz-21_2A31	Üst sınırcı giriş		1		X	X	X	X	X	
L Poz-21_2A32	Üst sınırcı baskı		1		X		X			
L Poz-21_2A33	Pu silgi parçası		1		X		X			
L Mlz-21_2A1	Cıvata:DIN933 A2 M6x25mm		5							X
L Mlz-21_2A2	Somun:DIN934 A2 M6		5							X
L Mlz-21_2A3	Pul: DIN125 A2 M6		5							X
L Poz-21_2A4	Şeffaf kapak 1		1		X		X			
L Poz-21_2A5	Şeffaf kapak 2		1		X		X			
L Poz-21_2A6	Şeffaf kapak 3		1		X		X			
L Poz-21_2A7	Kapak baskı parçası 1		4		X	X	X			
L Poz-21_2A8	Kapak baskı parçası 2		12		X		X			
L Mlz-21_2A4	1x15mm NBR fitil conta 6m		1							X
L Mlz-21_2A5	Pul: DIN125 A2 M8		16							X
L Mlz-21_2A6	Kelebek somun:DIN315 A2 M8		16							X
L Poz-21_3A	<b>Alt Grup Şasi</b>	1		POZ-21-3A-Rev00					X	
L Poz-21_3A1	Alt şasi (sağ)		1		X	X	X		X	
L Mlz-21_3A11	DIN 975 M8x16mm A2 saplama		12							X
L Poz-21_3A11	Ø22Ø30x10mm ring		2		X			X		
L Poz-21_3A2	Alt şasi (sol)		1		X	X	X		X	
L Mlz-21_3A11	DIN 975 M8x16mm A2 saplama		8							X
L Poz-21_3A11	Ø22Ø30x10mm ring		1		X			X		
L Poz-21_3A3	Travers		2		X	X	X			
L Mlz-21_3A1	Cıvata:DIN933 A2 M16x30mm		8							X
L Mlz-21_3A2	Somun:DIN934 A2 M16		8							X
L Mlz-21_3A3	Pul: DIN125 A2 M16		8							X
L Poz-21_3A4	Alt grup hava kapağı		1		X		X		X	
L Poz-21_3A5	Alt grup mekanizma kapağı		2		X		X		X	
L Mlz-21_3A4	Pul: DIN125 A2 M8		20							X
L Mlz-21_3A5	Kelebek somun:DIN315 A2 M8		20							X
L Poz-21_3A6	Piston şasi support		1		X		X		X	
L Poz-21_4A	<b>Alt Tabla</b>	1		POZ-21-4A-Rev00						
L Poz-21_4A1	Alt grup tabla sacı		1		X	X	X		X	
L Poz-21_4A2	Kızak levhası UHMWPE		1		X		X			
L Mlz-21_4A1	Pul: DIN125 A2 M6		19							X
L Mlz-21_4A2	İmbus cıvata: DIN912 A2 M6x12		19							X
L Poz-21_4A3	Alt grup piston support		1		X		X		X	
L Poz-21_4A4	Alt grup mafsalsal	2			X		X			
L Poz-21_4A41	Alt grup mafsalsal yatak		4		X			X		
L Mlz-21_4A3	Pul: DIN125 A2 M12		8							X
L Mlz-21_4A4	Cıvata:DIN933 A2 M12x25mm		8							X

Montaj Parçaları Pozları	Tanım	Montaj takımı miktarı	Miktar (Adet)	Teknik Resim No	İmal usulleri					Standart parça
					Kesim	Büküm	Delme	Torna	Kaynak	
L <sub>MLz-21_4A5</sub>	Somun:DIN934 A2 M12		4							X
L <sub>MLz-21_4A6</sub>	Ters diş civata A2 M16x60mm		2							X
L <sub>Poz-21_4A5</sub>	Alt grup sıyırıcı	1								
L <sub>Poz-21_4A51</sub>	Sıyırıcı destek sacı		1		X	X	X		X	
L <sub>Poz-21_4A52</sub>	Silgi		1		X					
L <sub>Poz-21_4A53</sub>	Silgi baskısı		1		X		X			
L <sub>Poz-21_4A54</sub>	M16 takoz		2		X			X		
L <sub>MLz-21_4A7</sub>	Pul: DIN125 A2 M6		5							X
L <sub>MLz-21_4A8</sub>	Civata:DIN933 A2 M6x25mm		5							X
L <sub>MLz-21_371</sub>	Civata:DIN933 A2 M12x25mm		14							X
L <sub>MLz-21_372</sub>	Somun:DIN934 A2 M12		14							X
L <sub>MLz-21_373</sub>	Pul: DIN125 A2 M12		14							X
L <sub>Poz-21_5A</sub>	Üst grup mafsal	2		Poz-21-5-Rev00						
L <sub>Poz-21_5A1</sub>	Mafsalsacı		2		X		X			
L <sub>Poz-21_5A2</sub>	Mafsals yatak parçası		4		X			X		
L <sub>Poz-21_5B</sub>	Şasi mafsal bağlantı parçası	4		Poz-21-5-Rev00						
L <sub>Poz-21_5B1</sub>	Mafsalsacı		4		X		X			
L <sub>Poz-21_5B2</sub>	Mafsals yatak parçası		8		X			X		
L <sub>Poz-21_5C</sub>	Muhafaza mafsal bağlantı pimi		6	Poz-21-5-Rev00				X		
L <sub>MLz-21_5C1</sub>	Segman:DIN471 17x1 A2		6							X
L <sub>MLz-21_5C2</sub>	Germe manşon: DIN1804 M20		6							X
L <sub>Poz-21_5D</sub>	Üst grup mafsal bağlantı pimi		6					X		
L <sub>MLz-21_5D1</sub>	Segman:DIN471 17x1 A2		6							X
L <sub>Poz-21_5E</sub>	Pnömatik Piston Grubu	1		Poz-21-5E-Rev00						
L <sub>MLz-21_5E1</sub>	Festo DNG-40-160-PPV-A piston		1							X
L <sub>Poz-21_5E1</sub>	Piston arka uzatma parçası		1		X		X	X		
L <sub>Poz-21_5E2</sub>	Piston mil uzatma parçası		1		X		X	X		
L <sub>MLz-21_5E2</sub>	Pim: DIN1444 Ø6x30mm		2							X
L <sub>MLz-21_5E3</sub>	Gupilya: DIN94 Ø1,6x20mm		2							X
L <sub>Poz-21_6A</sub>	Yıkama Tesisatı	1		POZ-21-6A-Rev00						
L <sub>Poz-21_6A1</sub>	Üst grup yıkama tesisatı	1							X	
L <sub>Poz-21_6A11</sub>	Üst grup yıkama borusu		1		X	X	X			
L <sub>MLz-21_6A1</sub>	DIN2986 1/4" Manşon AISI304		3							X
L <sub>MLz-21_6A2</sub>	DN8 Nozul		3							X
L <sub>MLz-21_6A3</sub>	DN8 oynar başlık konnektör		1							X
L <sub>Poz-21_6A12</sub>	Üst grup yıkama düşey borusu		1		X		X			
L <sub>MLz-21_6A4</sub>	ANSIB16.9 Redüksiyon 3/4"x1/2"		1							X
L <sub>MLz-21_6A5</sub>	ANSIB16.9 1/2" SCH10 Dirsek 304		1							X
L <sub>Poz-21_6A13</sub>	Boru nipel (özel ölçü)		1		X			X		
L <sub>MLz_21_6A6</sub>	Flexible örgülü hortum 1/2"		1							X
L <sub>Poz-21_6A2</sub>	Alt grup yıkama tesisatı	1							X	
L <sub>Poz-21_6A21</sub>	Boru nipel (özel ölçü)		1		X			X		
L <sub>MLz-21_6A5</sub>	ANSIB16.9 1/2" SCH10 Dirsek 304		2							X
L <sub>Poz-21_6A22</sub>	Boru nipel (özel ölçü)		2		X			X		
L <sub>MLz-21_6A7</sub>	DN15 PN16 pislik tutucu CF8M		1							X
L <sub>MLz-21_6A8</sub>	DN15 PN16 küresel vana CF8M		1							X
L <sub>Poz-21_6B</sub>	Hava Tesisatı	1		POZ-21-6B-Rev00						
L <sub>Poz-21_6B1</sub>	Üst grup hava tesisatı	1							X	
L <sub>Poz-21_6B11</sub>	Üst hava üfleme borusu		1		X	X	X			
L <sub>MLz-21_6A5</sub>	ANSIB16.9 1/2" SCH10 Dirsek 304		2							X
L <sub>Poz-21_6B12</sub>	Üst hava ara borusu		1		X	X				

Montaj Parçaları Pozları	Tanım	Montaj takımı miktarı	Miktar (Adet)	Teknik Resim No	İmal usulleri					Standart parça
					Kesim	Büküm	Delme	Torna	Kaynak	
L <sub>Mlz-21_6B1</sub>	ANSIB16.9 1/2" SCH10 Tee 304		1							X
L <sub>Poz-21_6B13</sub>	Alt hava üfleme borusu		1		X	X	X			
L <sub>Poz-21_6B14</sub>	Boru nipel (özel ölçü)		1		X			X		
L <sub>Mlz-21_6B2</sub>	1/2" Rekor 304		1							X
L <sub>Poz-21_6B2</sub>	Alt grup hava tesisatı	1								
L <sub>Poz-21_6A22</sub>	Boru nipel (özel ölçü)		3		X			X		
L <sub>Mlz-21_6A5</sub>	ANSIB16.9 1/2" SCH10 Dirsek 304		2							X
L <sub>Poz-21_6B21</sub>	Alt hava ara borusu		1		X			X		
L <sub>Mlz-21_6A7</sub>	DN15 PN16 pislik tutucu CF8M		1							X
L <sub>Mlz-21_6A8</sub>	DN15 PN16 küresel vana CF8M		1							X
L <sub>Poz-21_7A</sub>	Alt grup hazne	1		Poz-21-7A-Rev00					X	
L <sub>Poz-21_7A1</sub>	Alt hazne sacı		1		X	X				
L <sub>Poz-21_7A2</sub>	Alt hazne yan sacı		2		X					
L <sub>Poz-21_7A3</sub>	Flanş çerçevesi		1		X		X	X		
L <sub>Poz-21_7A4</sub>	Tahliye nipel		1		X			X		
L <sub>Poz-21_8A</sub>	Yıkama sistemi kumanda grubu	1		Poz-21-8A-Rev00						
L <sub>Poz-21_8A1</sub>	Destek sacı		1		X	X			X	
L <sub>Mlz-21_8A1</sub>	Cıvata:DIN933 A2 M6x20mm		4							X
L <sub>Mlz-21_8A2</sub>	Somun:DIN934 A2 M6		4							X
L <sub>Mlz-21_8A3</sub>	Buat 110x150x70 IP657		1							X
L <sub>Mlz-21_8A4</sub>	Pnömatik valf SV 1/4 5/2 BYY		1							X
L <sub>Mlz-21_8A5</sub>	Pako şalter Siemens 3LF0 122		1							X
L <sub>Mlz-21_8A6</sub>	Kablo rakoru PG-16		1							X
L <sub>Mlz-21_8A7</sub>	Hava hortumu Ø6x1 L=500mm		2							X
L <sub>Mlz-21_8A8</sub>	Topraklama klemensi Ray tip		1							X
L <sub>Mlz-21_8A9</sub>	Faz klemensi PT2,5 ray tip		3							X
L <sub>Mlz-21_8A10</sub>	Selenoid kablo 2x0,75tr 500mm		1							X
L <sub>Mlz-21_8A11</sub>	1/4"xØ6 erkek rekor		2							X
L <sub>Mlz-21_8A12</sub>	1/4" özel hortum nipel		1							X
L <sub>Mlz-21_134</sub>	İsim Plakası		1							X
L <sub>Mlz-21_135</sub>	Sızdırmazlık sarf: Teflon bant		2							X
L <sub>Mlz-21_136</sub>	Sızdırmazlık sarf: Sıvı conta 45g		1							X
L <sub>Mlz-21_137</sub>	Güvenlik uyarı etiket seti		1							X

Bu çizelgeye göre; her alt montaj grubu için katı model çalışmasından üretilen teknik resimler tanımlanmıştır. Teknik resimler kendi içerisinde talaşlı imalata uygun olarak alt pozları ve malzeme listelerini barındırmaktadır. Poz parçalarının imalat ve montaj detayları bu teknik resimlerde sunulsa da bazı ek prosedür ve montaj bilgilerine ihtiyaç duyulacaktır. Projelerdeki kaynaklı imalatların tarifi için teknik resimlerde kodları belirtilen “Kaynak Prosedür Şartnameleri (WPS)” oluşturulmuştur. Montaja özel diğer ek bildirimler ise teknik resim üzerinde notlar olarak eklenmiştir. Örnek olarak “Poz-21-7A” teknik resmi Şekil 4.19.’da gösterilmiş ve bu imalat için kullanılan “WPS” Çizelge 4.6.’da belirtilmiştir.



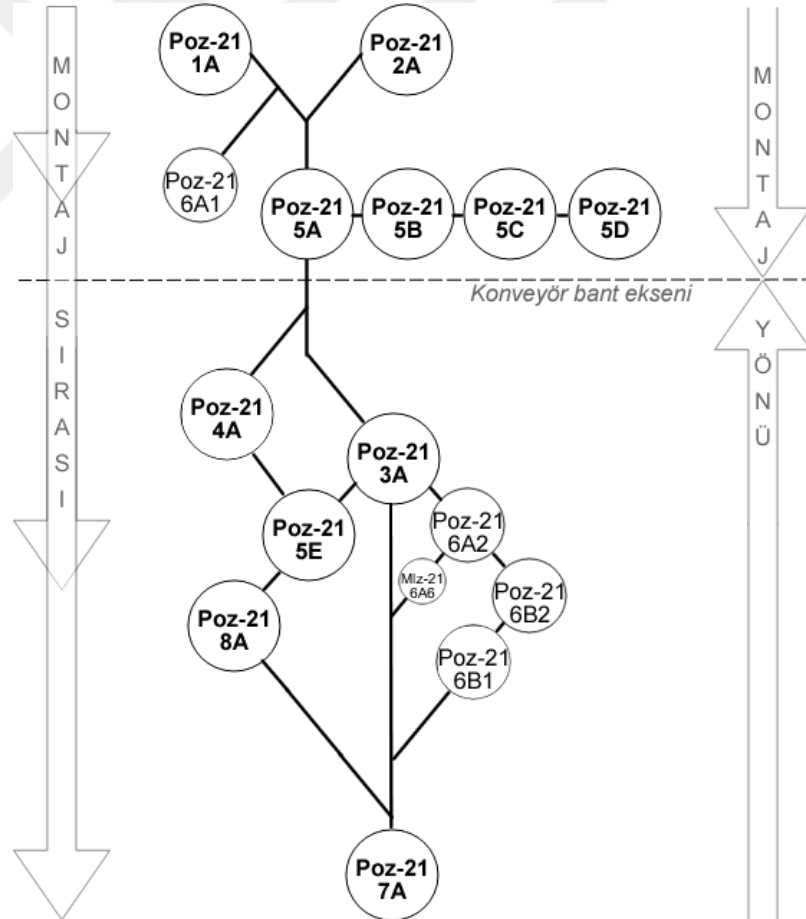
Şekil 4.19. Yıkama sistemi alt hazne (Poz-21\_7A) imalata esas teknik resmi





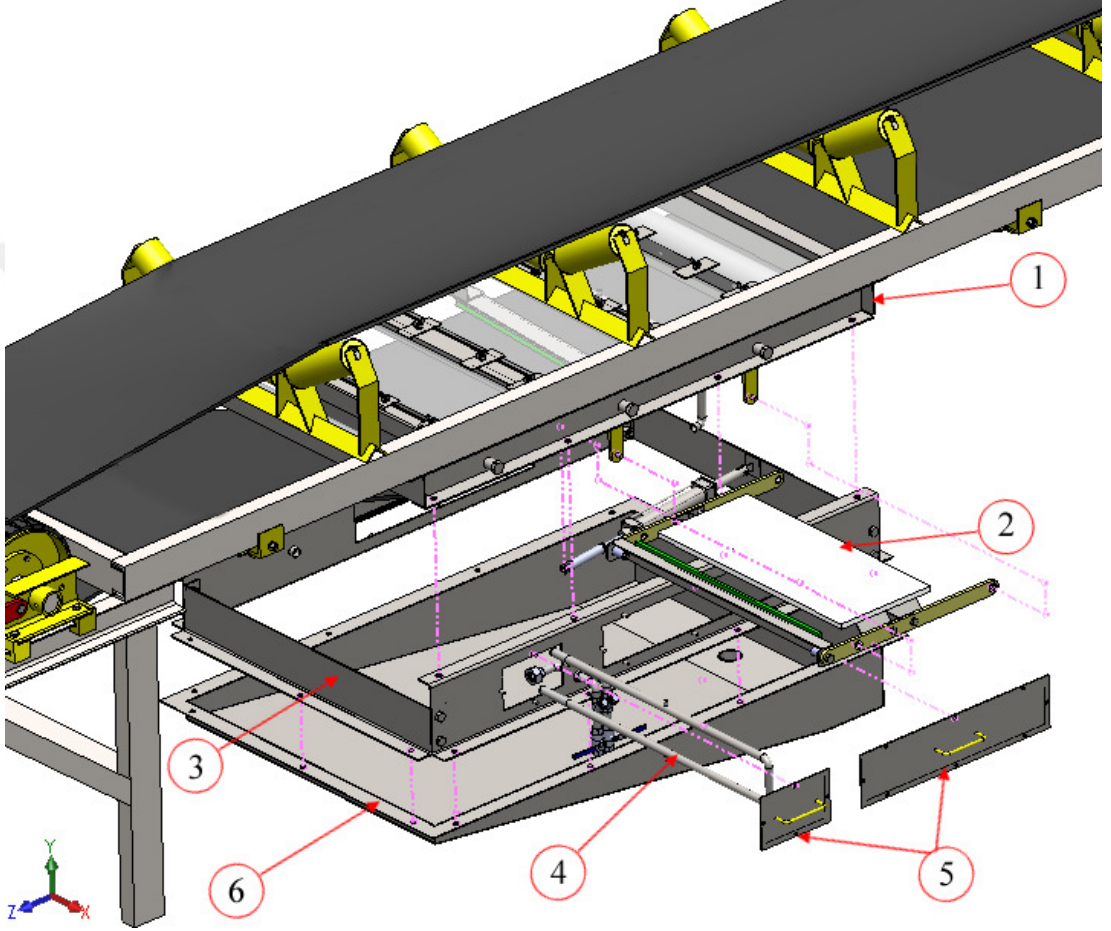
Çizelge 4.5. 'da belirtilen "Mlz" kodu ile başlayan parçalar standart malzemeler olduğu için doğrudan tedarik planlaması yapılması mümkündür. 374 adet olan standart parça miktarı, yıkama sisteminin 505 adet olan toplam parça sayısının %74'ünü oluşturmaktadır. Kalan %26'lık kısım işlenmemiş "poz" malzemelerinden oluşmaktadır. Bu parçaların hangi ölçülerde imal edilecekleri teknik resimlerde, hangi imal usullerine tabi olacağı ise Çizelge 4.5.'te görülebilmektedir.

Parçaların montaj işlemleri ise belirli bir sıralama ve düzen içerisinde olması gerekmektedir. Bundan dolayı metot çizelgesinin yanında montaj ilişkilerini tanımlayan ve sıralamayı tarif eden bir montaj ağacı şemasına da ihtiyaç duyulmuştur. Montaj işlemleri ve süreçleri Şekil 4.20.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Yıkama sistemi montaj akış şeması

Yıkama sistemi konveyör bant sistemi üzerinde montajı yapılacağı için, grupların konveyör altına montajı yapılacak şekilde aşama aşama montajlarının yapılması gerekmektedir. Montaj şemasının ve uygulamasının tarifini kolaylaştırmak açısından katı model tasarımı üzerinde izometrik patlatılmış görünümü Şekil 4.21.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Konveyör bant üzerinde yıkama sistemi montaj izometrisi

#### 4.3.1. Deneysel Yıkama Sistemi İmalatı ve Montajı

Yapılan tasarım çalışmasının işlevini ve etkinliğini görmek için bire bir ölçülerde bir adet deneysel yıkama sistemi imalatı yapılmıştır. İmalat ve montaj işlemleri Toros Tarım San. Ve Tic. A.Ş. Mersin üretim tesisleri mekanik atölyesinde yapılmıştır. Şekil 4.22.'de tesviye imalatlarının yapıldığı tezgâh gösterilmiştir.



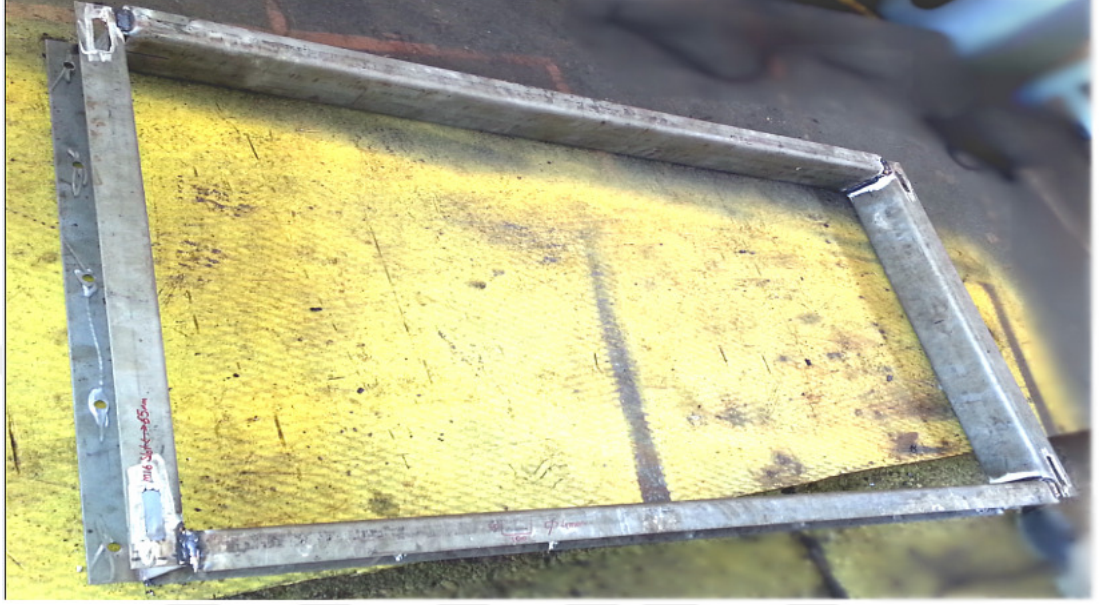
Şekil 4.22. İmalat ve montaj işlemlerinin gerçekleştirildiği atölye tesviye tezgâhı

İmalat sürecinden önce malzemelerin temini gerekmektedir. Tüm imalat teknik resimleri, imalat aşamasından önce bir arada değerlendirilerek kesim planı için aynı özellikte ve kalınlıkta malzemeler gruplandırılarak en az fire vermek amacıyla ortak imalat sürecinde değerlendirilmiştir. Böylece işçilik ve malzeme kaynakları benzerlik esas alınarak verimli kullanılmıştır. Bağlantı elemanları, hazır parçalar gibi standart malzemeler ise doğrudan liste üzerinden planlanarak temin edilmiştir.

#### 4.3.1.1. İmalat bulguları

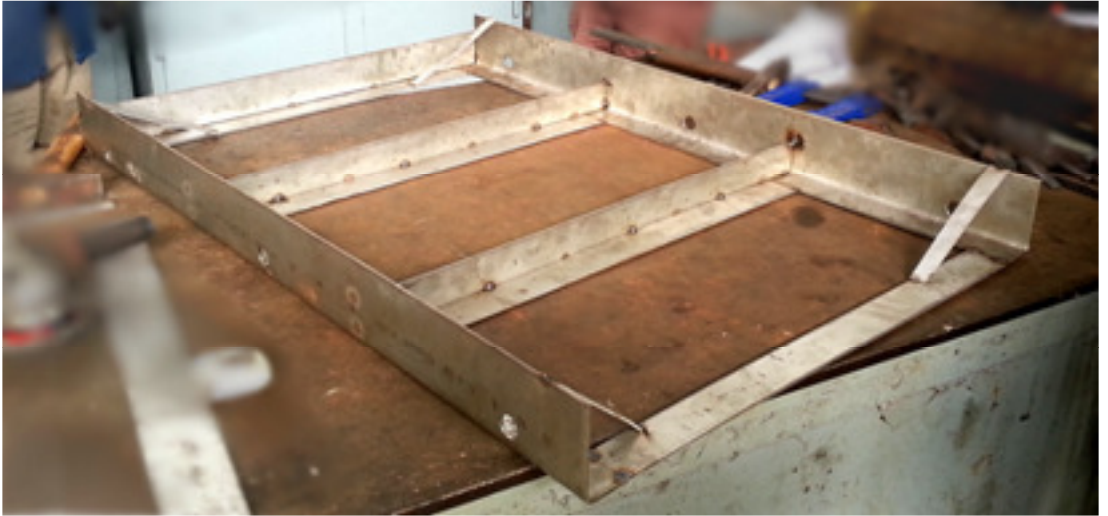
İmalat işlemleri metot çizelgelerinde belirtilen sıralamalar esas alınarak, ana pozlar için hazırlanmış teknik resimler uyarınca yapılmıştır. Alt poz parçalarından başlanan işlemler, talaşlı ve kaynaklı imalat yöntemleri gibi süreçlerden geçerek projelerinde belirtilen ölçü ve montaj ilişkileri doğrultusunda ana pozları oluşturmuşlardır.

İlk imalat çalışmasına üst grup şasi ile başlanmıştır. Alt pozların, kesim, büküm, delme işlemleri yapılarak oluşturulan kaynaklı çerçeve birleştirmesine ait fotoğraf Şekil 4.23.'te gösterilmiştir.



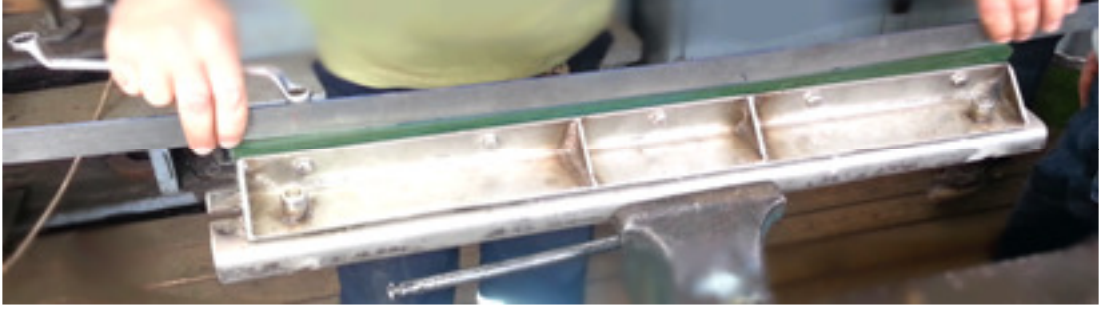
Şekil 4.23. Üst grup şasi (Poz-21\_1A) tamamlanmış imalatından bir görünüm

POZ-21-2A-Rev00 numaralı teknik resme göre kaynaklı imalatına ait fotoğraf Şekil 4.24.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Üst muhafaza (Poz-21\_2A) imalatından bir görünüm

İmalatı tamamlanan üst grup sıyırıcısı parçasının silgi eksenine ait fotoğraf Şekil 4.25.'de gösterilmiştir.



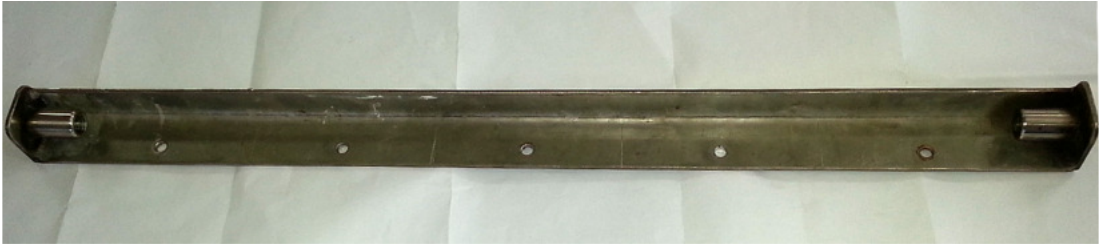
Şekil 4.25. Alt grup şasi (Poz-21\_2A3) sıyırıcı imalatından bir görünüm

Şekil 4.26.'da alt grup şasi yan sacı imalatından bir fotoğraf sunulmuştur.



Şekil 4.26. Alt grup şasi sol parçası (Poz-21\_3A2) imalatından bir görünüm

Şekil 4.27.'de. alt tabla silgi destek parçası tamamlanan imalatından bir fotoğraf gösterilmiştir.



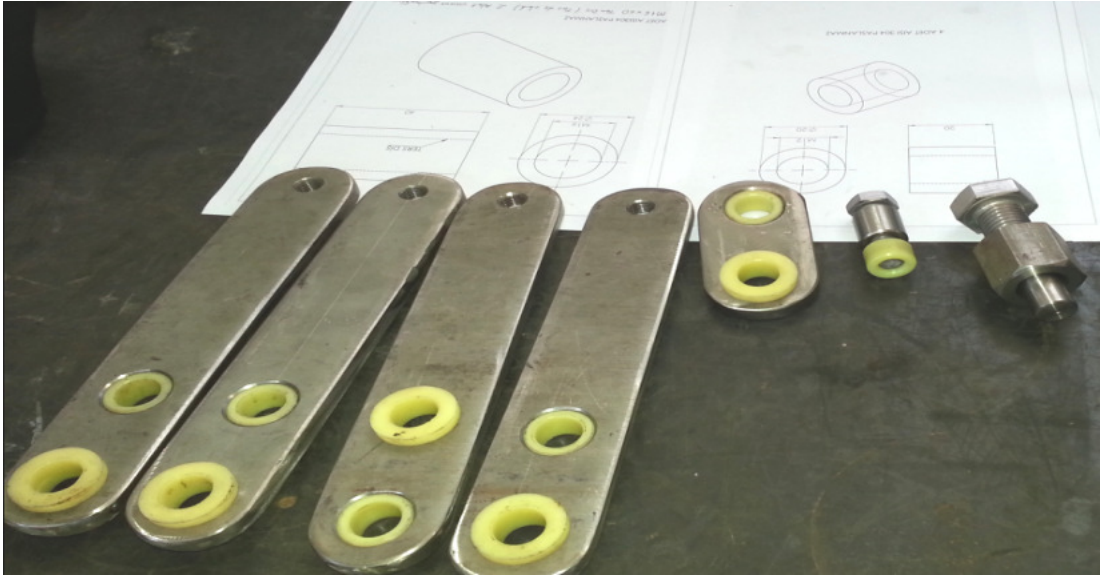
Şekil 4.27. Alt tabla sıyırıcı destek parçası (Poz-21\_4A5)

Üst grup mafsal parçasının radyal matkapta delik delme işlemi yapılırken fotoğrafı Şekil 4.28.'de gösterilmiştir.



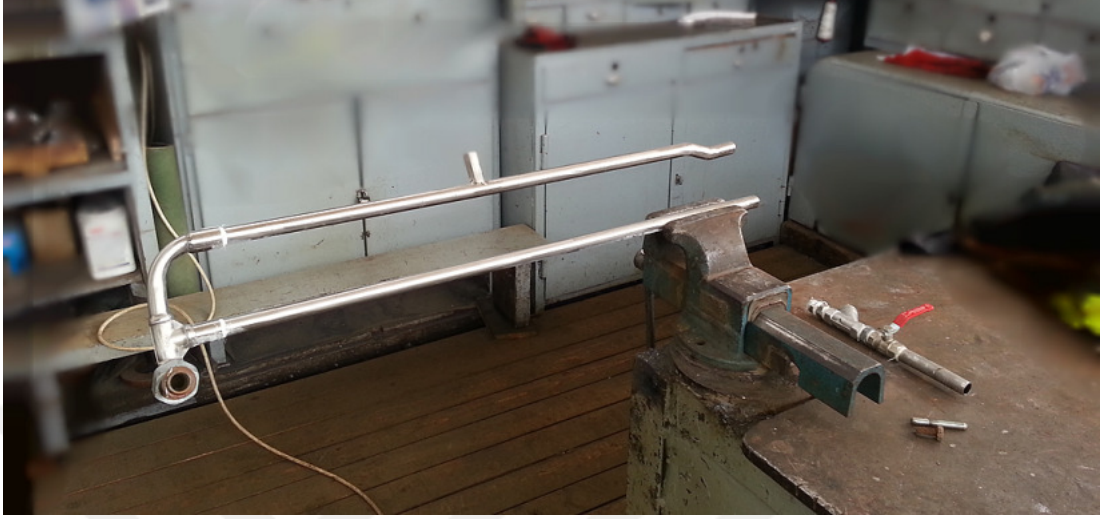
Şekil 4.28. Mafsal parçası (Poz-21\_5A1) talaşlı imalatından bir görünüm

Tamamlanan mafsal parçaları imalatları Şekil 4.29.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Mafsal (Poz-21\_5A/B/C) tamamlanan imalatlarından bir görünüm

POZ-21-6B-Rev00 teknik resmine göre yapılan hava dağıtıcı parça imalatı Şekil 4.30.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Hava tesisatı (Poz-21\_6B1) imalatından bir görünüm

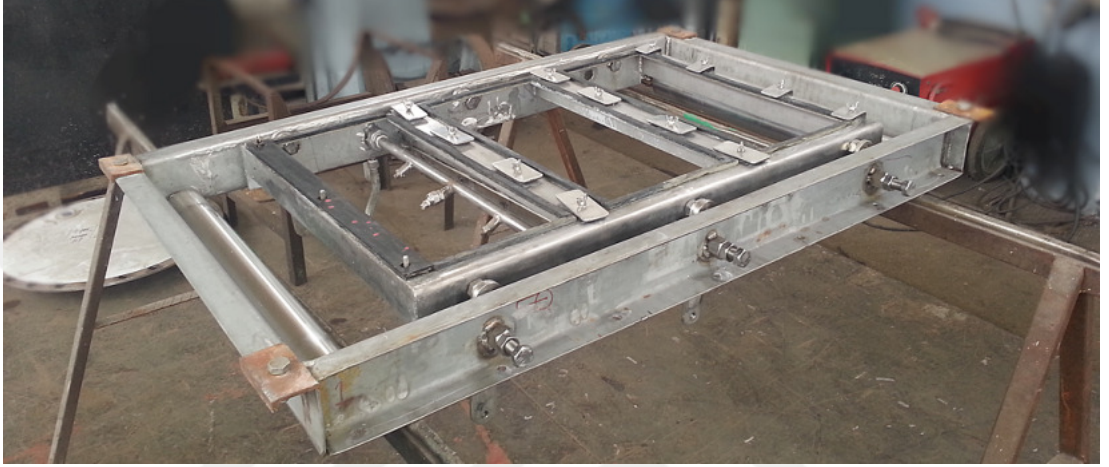
Alt hazne tahliye borusunun birleştirme kaynağı yapılırken imalat görünümü Şekil 4.31.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.31. Alt hazne (Poz-21\_7A) kaynaklı imalatından bir görünüm

#### 4.3.1.2. Ön montaj

İmalatı yapılan parçalar yıkama sistemi gruplarını oluşturmak ve kontrol işlemlerini sağlamak amacıyla ön montajları oluşturulur. Şekil 4.32.'de üst grup ön montajlı şekli görülmektedir.



Şekil 4.32. Üst grup ve üst muhafaza ön montajlı görünümü

POZ-21-3A-Rev00 numaralı teknik resme göre imalatları ve ön montajı tamamlanmış alt grup şasi fotoğrafı Şekil 4.33.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Alt grup şasi ön montajlı görünümü



POZ-21-4A-Rev00 numaralı teknik resme göre imalatı yapılan parçalar bir araya getirilerek alt tabla parçası ön montajı Şekil 4.34.'de görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.34. Alt tabla ön montajının oluşturulmasından bir görünüm

Ön montaj işlemleri montajın ortaya çıkması ile düzenlenmesi mümkün olan bağlantıların tamamlanması amacıyla da kullanılmıştır. Şekil 4.35.'te Poz-21\_3A6 piston bağlantısının nihai yerinin kaynaklı sabitlenmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.35. Piston bağlantı noktalarının nihai yerleşimlerinin yapılması

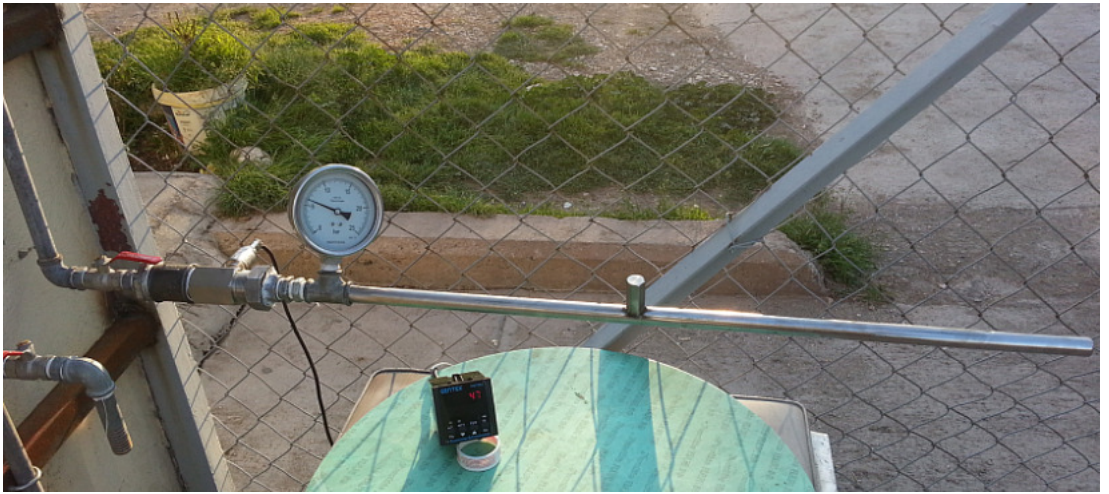
Ön montaj sonrası yıkama sistemini oluşturan tüm parçaların tartımı yapılmış, toplam ağırlığı 220 Kg olarak kayıt altına alınmıştır.

#### 4.3.1.3. Kontrol işlemleri ve fonksiyon testleri

İmalat ve ön montaj aşamalarında tasarım ölçülerine ve özelliklerine göre tüm parçalar kontrol edilmiştir. Kontrol işlemleri yapılırken aynı zamanda parçaların işlevlerini yerine getirip getirmediği incelenmiştir. Bu doğrultuda yapılan işlemler:

- Her bir imalat projesi için ölçü kontrol yapılması
- Kaynaklı birleştirmelerin gözle ve PT testi ile kontrolü
- Hava ve su tesisatlarının bağlantı kaçak ve akış kontrolleri
- Montaj elemanlarının uyumluluklarının gözle muayenesi ve ölçü kontrolü
- Sızdırmazlık elemanlarının kontrolü
- Mekanizma ve pnömatik sistemin kontrolü ve test edilmesi
- Vana ve pislik tutucularının sızdırmazlıklarının hidrostatik test edilmesi
- Risk oluşturacak keskin köşe vb. parça tehlikelerinin belirlenmesi ve tadilatları

Hava tesisatı borusunun basınçlı hava ile testi Şekil 4.36.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.36. Hava tesisatı (Poz-21\_6B11) akış ve basınç testinden bir görünüm

Üst grup ve alt grubun kontrol amaçlı olarak birleştirilmesi Şekil 4.37.'de gösterilmiştir. Montajlı sistem üzerinde piston açma kapama, mekanizma çalışması, parçaların uyumlulukları gözden geçirilmiştir.



Şekil 4.37. Ön montajı yapılan sistemin ölçü ve ayarların kontrol edilmesi

Yıkama sisteminin özelliklerini içeren isim plakasının bu aşamada içeriği düzenlenmeye başlamıştır. Testler tamamlandıktan sonra bu taslak doğrultusunda basılacak isim plakasının örneği Şekil 4.38.'de gösterilmiştir.

DIZAYN			ETİKET BİLGİLERİ	
BANT	650x20000mm		TİP	BCC-M
DÖKME YÜK	54C½35NSU		SERİ NO	BCC-M-01
	Min	Max	ÜRETİM YILI	2015
BANT HIZI MAX	1 m/s	1,5 m/s	AĞIRLIK	220Kg
SU GİRİŞ BASINCI	3 Barg	5 Barg	ÜRETİM YERİ	Mersin/TURKIYE
HAVA GİRİŞ	3 Barg	5 Barg	TEST EDİLMİŞTİR. .../.../2015	
ÇALIŞTIRMA SÜRESİ	dk.			
MONTAJ TARİHİ	.../.../2015			

Şekil 4.38. İsim plakası taslağı

#### 4.4. YIKAMA SİSTEMİNİN BANTLI KONVEYÖRE MONTAJI

Yıkama sisteminin konveyör banta dahil edilebilmesi için bantın gergi tamburundan gergin konumdan serbest konuma getirilmesi gerekmektedir. Böylece yıkama sistemi üst grubu bantın alt şeriti üstüne konulabilecektir.

Yıkama sistemi tasarım aşamasında Şekil 3.27. 'de belirtildiği gibi gergi tamburuna yakın bir konuma montajı yapılmıştır.

Montaj işlemleri Şekil 4.20. ve Şekil 4.21. 'de belirtilen yönergeler doğrultusunda yapılmıştır.

Ön montajlı olarak hazırlanmış üst grup aralanmış bant alt şeridine sürülmesi Şekil 4.39.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Gergisi alınan bant arasına yıkama sistemi üst grup yerleştirilmesi

Üst grup daha sonra Şekil 4.40.'ta görüldüğü şekilde bant şasisine bağlantı braketi ile sabitlenerek montajı yapılır.



Şekil 4.40. Yıkama sistemi üst grubun bant şasisi üzerine pabuçlar ile sabitlenmesi

Ön montajlı olarak hazırlanmış alt tabla üst grup mekanizma mafsal kolları ile bağlantıları Şekil 4.41.'de görüldüğü şekilde yapılmıştır.



Şekil 4.41. Alt tabla montajının üst grup parçasına birleştirilmesi

Alt tablanın bağlantısı ile bant alt şeridi yıkama sistemine teması gergi ayarı yapılarak tamamlanır. Ardından Şekil 4.42.'de gösterilen alt grup bağlantısı üst gruba flanş bağlantı noktalarından yapılır.



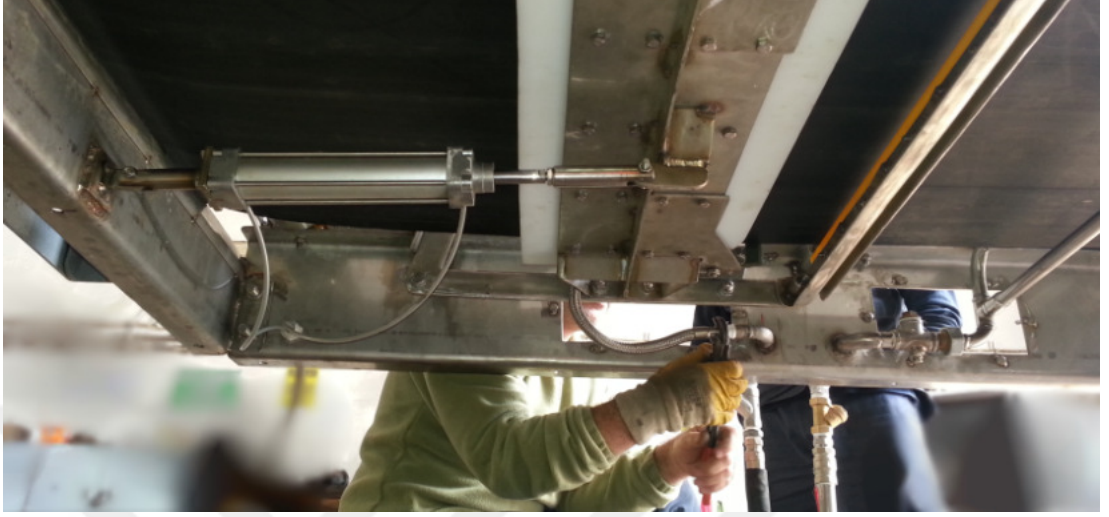
Şekil 4.42. Alt grup parçasının üst gruba montajı

Alt grup bağlantısının tamamlanması ile hava tesisatı hava kapağında Şekil 4.43.'te görülen şekilde bantı arasına alacak şekilde sürülür ve alt gruptaki tesisat rakoruna montajı yapılır.



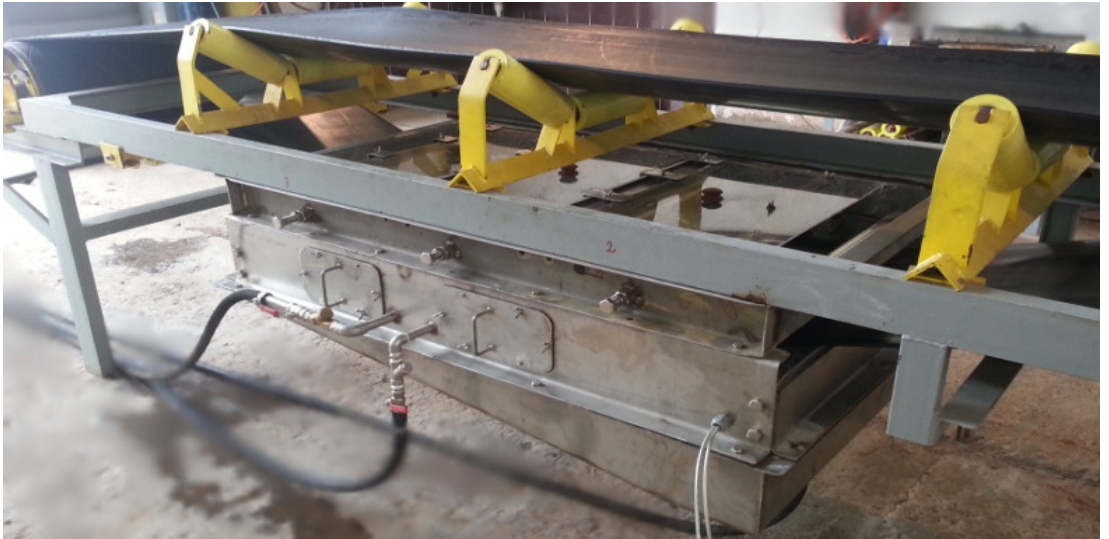
Şekil 4.43. Hava tesisatının montajı

Alt grup içerisindeki piston alt tabla bağlantısı yapılır ve su tesisatı esnek metal örgülü hortum bağlantısı Şekil 4.44.'te gösterilen şekilde tamamlanır.



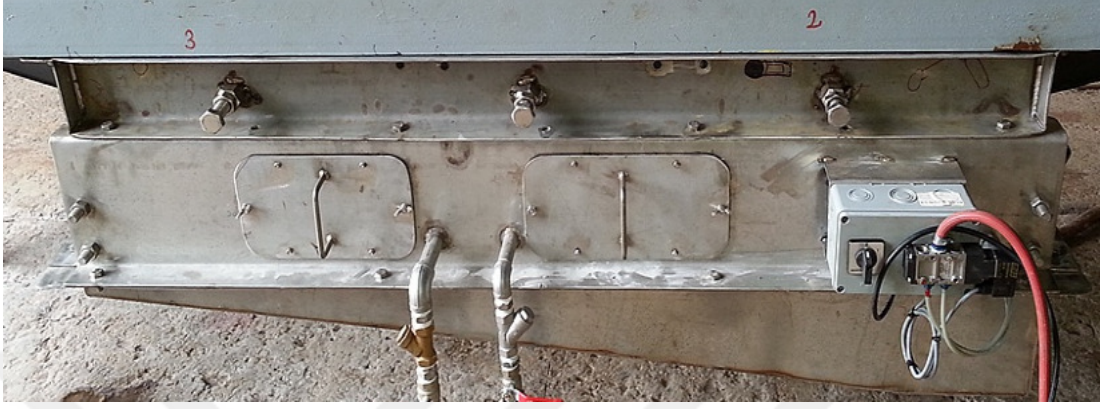
Şekil 4.44. Alt grup tesisat ve piston bağlantılarının tamamlanması

Alt gruptaki parçaların bağlantı montajlarının ardından alt hazne montajı flanşlar arasına sızdırmazlık amaçlı sıvı contalama yapılarak Şekil 4.45.'de gösterilen şekilde tamamlanmıştır.



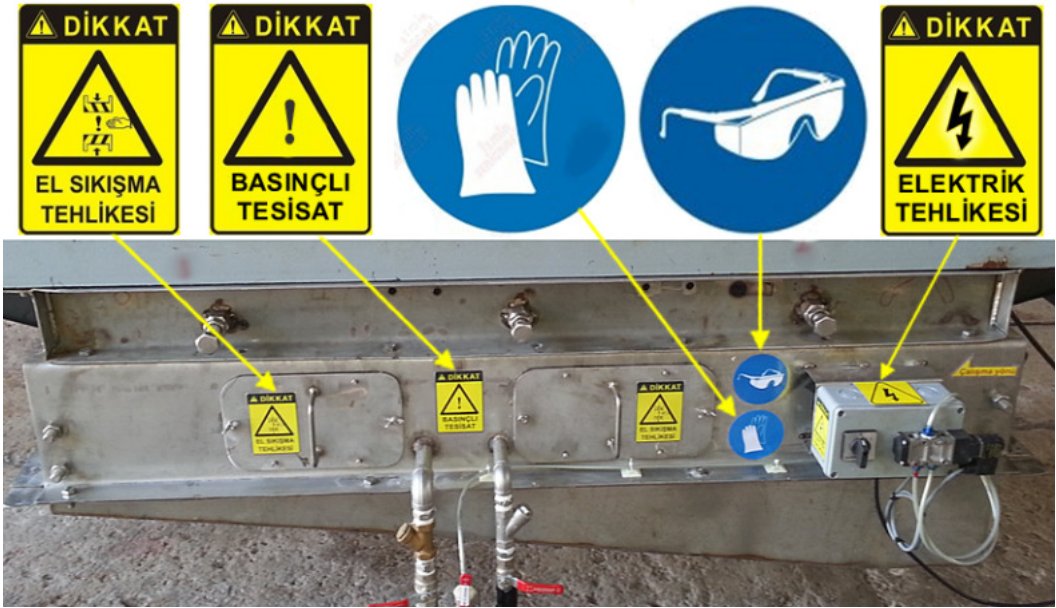
Şekil 4.45. Alt haznenin alt gruba montajının yapılmış hali

Alt hazne montajı tamamlandıktan sonra piston hava bağlantı hortumları ve pnömatik kumanda kutusu alt grup parçasına montajı Şekil 4.46.'da görülen şekilde yapılmıştır.



Şekil 4.46. Pnömatik kumanda kutusu ve bağlantılarının tamamlanmış görünümü

Montajı tamamlanan yıkama sistemi üzerine montaj ve işletme aşamalarında tehlikeli belirtmek, gerekli kişisel koruyucu donanımların zaruriyetini belirtmek üzere, iş güvenliği uyarı etiketleri Şekil 4.47.'de görüldüğü şekilde şasi üzerine montajları yapılmıştır.



Şekil 4.47. İş güvenliği uyarı etiketlerinin yıkama sistemi üzerinde uygulanması



#### 4.5. KİRLİLİK NUMUNELERİNİN OLUŞTURULMASI

Deneyel konveyör bantın yıkama sistemi ile testleri için işletme koşullarındaki kirlilik şartlarına benzer şekilde suni olarak kirletilmesi gerekmiştir. Bunun öncesinde kirliliklerinin tipi ve ölçülebilir değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Konveyör bantlardaki kirliliğin mertebesi Kısım 2.6.'da belirtilmişti. Bir metrekaredeki kirliliğin gram cinsinden ifadesi olarak tanımlanan mertebe sınıfları için kirlilik numuneleri hazırlanmıştır. 10cm eninde ve 10cm boyunda olan bu bant numune parçaları, suni olarak işletme şartlarına en yakın biçimde farklı tiplerde kirletilerek ölçümler yapılmıştır.

Tüm yapılan ölçümler Şekil 3.5.'de gösterilen hassas elektronik terazi ile 20°C ortam şartlarında yapılmıştır. Deneyel konveyörde uygulanan lastik bant ile aynı özelliklerde ve hiç kullanmamış ve temiz durumda bant lastiğinden 10cm x 10cm ölçülerde parçalar kesilerek bu çalışmada numune olarak kullanılmıştır.

##### 4.5.1. Islak Bant Numunesi

Numune bir adet bant parçası pülvarize su ile ıslatılmış, azami emebileceği süreye kadar tabik edilmiş ve üzerindeki su zerrecikleri süzildükten sonra tartımı yapılmıştır.

Bu doğrultuda gerçekleşen tartım sonuçları aşağıdaki gibidir;

Islanmadan önceki tartım: 99,24g

Islatmadan sonraki tartım: 99,39g

Islak bant parçası kütlesi 0,15 gram artmıştır. Bu doğrultuda bu bantın bir metrekaresi için azami 15 gram suyu bünyesine alabilme ve taşıma kapasitesi vardır.

Bu suyun menşei yıkama olarak görülmüştür. Atmosferik çığ ve nem şartları bu çalışmada kapsamında değildir.

#### 4.5.2. Az Kirli Bant Numunesi

Tozlu bant işletmelerde karşılan en çok kirlilik tipidir, bu numunede bant lastiği parçası uzun süreli kireçtozu olan bir ortamda bırakılarak toz kaplanması sağlanmıştır.

Bu doğrultuda gerçekleşen tartım sonuçları aşağıdaki gibidir;

Kirletilmeden önceki tartım: 97,49 g

Kirletmeden sonraki tartım: 99,69 g

Tozlu bant parçasının kütlesi 0,20 gram artmıştır. Bu kirlilik seviyesinde bantın bir metrekaresi için 20 gram toz barındırmaktadır. Bu tozun menşei çevre ekipmanlardan ve çevresel şartlardan oluşan tozların konveyöre tutunması, taşınan ürünün yükleme ve boşaltma esnasında oluşan tozların konveyörle taşınması gibi faktörlerdir.

Bu miktar CEMA kirlilik sınıflandırmasında “Sınıf III” mertebesindedir. Birincil ve ikincil sıyırıcılarla temizliğin yapılabilmesi daha zordur.

#### 4.5.3 Kirli Bant Numunesi

Tozlu bantın uzun süre temizlenmemesi, besleme ve boşaltma şutlarından fazla döküntü yaşanması, nem ve sıvı etmenlerin bantın üstündeki kirlilikle birleşmesi gibi faktörler kirli bant görünümünü oluşturmaktadır. Bu formu oluşturmak için numune bant parçasına Şekil 4.48.’de görüle fırça ile sulu kireçtozu tatbik edilmiş, tamamen kuruması tamamlandıktan sonra tartımı yapılmıştır.



Şekil 4.48. Kirli bant numunesinin hazırlanmasından bir görünüm

Bu doğrultuda gerçekleşen tartım sonuçları;

Kirletilmeden önceki tartım: 104,42 g

Kirletmeden sonraki tartım: 105,46 g

Kirli bant kütlesi 1,04 gram artmıştır. Bu kirlilik seviyesinde bantın bir metrekaresi için 104 gram yapışmış toz ve ince çamur tabakası barındırmaktadır.

Bu miktar CEMA kirlilik sınıflandırmasında “Sınıf II” mertebesindedir. Birincil ve ikincil sıyırıcıların etkinliği bu seviye için önem taşımaktadır.

#### 4.5.4. Çok Kirli Bant Numunesi

Çok kirli bant görünümüne dur kalk sayısı ve bekleme süresi fazla olan, lastik bantı aşınmış ve kenar formu bozulmuş bantlarda, hiçbir temizlik ve kirlilik önleyici sistem bulunmayan dökme yük bantlarında karşılaşılmaktadır. Bu şartlar atmosfere ve çevresinde aşırı tozlu ortama açık olan bantlarda daha sık

görülmektedir. Buna uygun numune kirlı bant numunesinde yapılan işlem iki kez tekrarlanarak yapılmıştır. Yapılan tartım işleminden bir görünüm Şekil 4.49.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.49. Çok kirlı bant numunesinin son tartımından bir görünüm

Bu doğrultuda gerçekleşen tartım sonuçları;

Kirletilmeden önceki tartım: 106,23 g

Kirletmeden sonraki tartım: 108,83 g

Kirli bant kütlesi 2,6 gram artmıştır. Bu kirlilik seviyesinde; bantın bir metrekaresi için 260 gram yapışmış kuru film tabasında kireçtozu bulunmaktadır.

Bu miktar CEMA kirlilik sınıflandırmasında “Sınıf I” mertebesindedir. Bantın üzerindeki kirliliğin birincil ve ikincil temizleyicilerin yanı sıra yıkama yöntemi ile temizliği gerekmektedir.

## 4.6. YIKAMA SİSTEMİ TESTİ

### 4.6.1. Test Yöntemi

Yıkama sisteminin işlevini ne derece yerine getirdiğini tespit etmek, bantı temizleme mertebesini incelemek için deneysel bantın suni olarak kirletilmesi ve yıkama sistemi temizlik işlemlerinin testlerinin yapılması gerekmektedir.

Test işlemleri için deneylerde kullanılacak bantlı konveyörün numune parçalara benzer şekilde suni olarak kirletilmesi ile gerekmiştir. Bu doğrultuda toz ve kirlilik etmenleri bant üzerine fırça ve aparatlarla tatbik ettirilerek 20°C ortam şartlarında kuruya ve banta nüfuz edene kadar beklenmiştir. Test yöntemi; konveyör yıkama sistemi devreye alınmadan çalıştırılarak kirliliğin yayılması ve ardından yıkama sistemi devreye alınarak incelenmesi üzerine kurulmuştur.

Bilgisayar destekli tasarım ve bu doğrultuda oluşturulan imalatın ilk denemelerde tam etkin olması mümkün olmayabilir. Bundan dolayı ilk gözlemler için ilk çalıştırma testi yapılmıştır. İlk çalıştırma testinde bant temizliği ve mekanizma fonksiyonları en etkili seviyeye gelene kadar deneysel çalışmalara devam edilmiştir. Tasarımın işlevsel analiz süreci olan bu aşamada bazı parçaların üzerinde tekrar düzenlemeler ve ayarlar yapılması, ilave tasarım eklemeleri yapılması ihtiyaçları ortaya çıkmıştır.

Kirletme işlemi 10x10cm numune bant parçalarında uygulanan kirletme seviyeleri doğrultusunda tüm banta uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Yapılacak testlerin ve bu doğrultuda elde edilecek bulguların kayıt altına alınabilmesi amacıyla Şekil 4.50.'de belirtilen rapor formu oluşturulmuştur.

### YIKAMA SİSTEMİ TEST RAPORU

TARİH:...../...../2015	
DENEY NO:.....	
KİRLİLİK FAKTÖRÜ	
KİRLİTİLEN BANT YÜZEYİ <input type="checkbox"/> ALT <input type="checkbox"/> ÜST <input type="checkbox"/> ALT VE ÜST	
KİRLİLİK SINIFI	
OLUŞTURULAN KİRLİLİĞİN FOTOĞRAFI	
<b>TEST VERİLERİ</b>	<b>DEĞERLENDİRME</b>
BANT HIZI	ÜST SIYIRICI İŞLEVİ
İŞLEM SÜRESİ	ALT SIYIRICI İŞLEVİ
SU TÜKETİMİ	YIKAMA İŞLEMİ
HAVA TÜKETİMİ	KURUTMA İŞLEMİ
Ort. AMPERAJ	MEKANİZMA İŞLEVİ
TEMİZLİK İŞLEMİ SONRASI BANT YÜZEYİ FOTOĞRAFI	
<b>BULGULAR</b>	

Şekil 4.50. Deneysel çalışma için test raporu taslağı

#### 4.6.2. Yıkama Sisteminin İlk Çalıştırma Testi


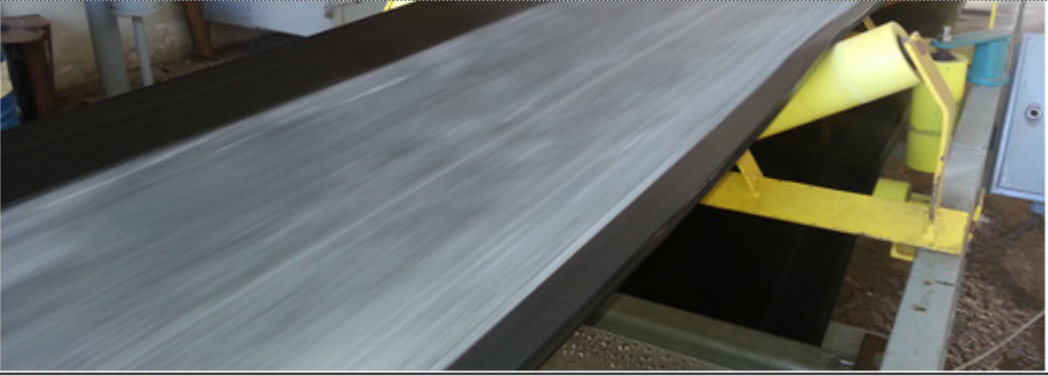
Yıkama sisteminde analiz bulguları neticesinde yapılan parça düzenlemeleri sonrasında bağlantılar tekrar kontrol edilerek test öncesi eksik bir husus olup olmadığı incelenmiştir.

İlk çalıştırma testinin amacı; tasarımın ortaya çıkış noktası olan, boşta çalıştırma esnasında sistemin konveyör banttın bağımsız olması ve devreye alındığında bantın her iki yüzeyinin yıkama-sıyırma-kurutma işlemlerinin yapılması hedefine ulaşıp ulaşılmadığının incelenmesidir. Bu çalışmada temizliğin ne kadar etkin olduğundan ziyade mevcut mekanizmaların istenen işlevlerini yerine getirip getirmediğinin kontrolü yapılmıştır.

İlk çalıştırma testi için bantlı konveyör her iki yüzeyi “Sınıf III” kirlilik mertebesinde kireçtozu ile kirletilmiştir. 24 saat beklenerek tozun bant üzerinde atmosferik şartlarla etkileşime girmesi beklenmiştir. Ardından bantlı konveyör 1 saat süre ile çalıştırılarak tozun sisteme yayılması tambur ve rulolara yayılması sağlanmıştır.

##### 4.1.2.1. İlk çalıştırma testinden elde edilen bulgular

İstenen kirlilik mertebesinde çalışan konveyörde yıkama sistemi devreye alınarak temizlik işlemleri 2 dakika süre ile gözlemlenmiştir. Devreye alma esnasında mekanizmalar işlevlerini yerine getirmiş, şasi ve tesisatlarda herhangi bir olumsuzlukla karşılaşılmamıştır. Bant alt şeridi temizliği yeterli seviyede gerçekleşmiş fakat üst şeritte yeterli temizlik seviyesine gelinemediği görülmüştür. Test işlemlerinden elde edilen veriler Şekil 4.51.’de rapor formunda gösterilmiştir.

		DENEY NO:#1	
KİRLİLİK FAKTÖRÜ		KİREÇTOZU	
KİRLİTİLEN BANT YÜZEYİ		<input type="checkbox"/> ALT <input type="checkbox"/> ÜST <input checked="" type="checkbox"/> ALT VE ÜST	
KİRLİLİK SINIFI		SINIF III	
OLUŞTURULAN KİRLİLİĞİN FOTOĞRAFI			
			
<b>TEST VERİLERİ</b>		<b>DEĞERLENDİRME</b>	
BANT HIZI	1,2m/s	ÜST SIYIRICI İŞLEVI	BAŞARILI
İŞLEM SÜRESİ	2 dk.	ALT SIYIRICI İŞLEVI	BAŞARILI
SU TÜKETİMİ	7 l/dk	YIKAMA İŞLEMİ	YETERSİZ
HAVA TÜKETİMİ	40 l/dk	KURUTMA İŞLEMİ	BAŞARILI
Ort. AMPERAJ	2,9 A	MEKANİZMA İŞLEVI	BAŞARILI
TEMİZLİK İŞLEMİ SONRASI BANT YÜZEYİ FOTOĞRAFI			
			
<b>BULGULAR</b>			
Mekanizma uygun şekilde devreye girmiş ve çıkmıştır, tesisatlar çalışmaktadır. Vibrasyon değerleri normaldir, bantta sapma ve arıza meydana gelmemiştir. Tüketimler tasarım değerleri içindedir. Bant alt yüzeyi başarılı bir şekilde yıkanmış, sıyırması ve kurutması yapılmıştır. Bant üst yüzeyi yeterince su ile teması olmamış, bundan dolayı etkili sıyırma olmamıştır.			

Şekil 4.51. İlk çalıştırma test raporu

#### 4.6.2.2. Elde edilen bulguların tartışılması

Tasarım çalışmalarında bantın alt şeridi su ile yıkanırken yerçekimi etkisi ile suyun bantın üst şeridinden sürüklenerek akacağı öngörüldüğünden dolayı yıkama sisteminin içinde üst yüzeyi yıkayacak ayrı bir su püskürtme sistemi uygulanmamıştır.



Yapılan ilk çalıştırma testinde alt şerit yıkanırken, bantın üst şeritinin tam ıslanmadığı, ıslanan uç kısımlarda sadece sıyırma işlemlerinin yapılabildiği görülmüştür. Bu bulgu, üst şeritin de ayrı bir tesisat ile yıkanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bundan dolayı test ikinci dakikasında durdurulmuştur.

Bantın yıkama işleminde ortalama 7 litre/dakika debide su kullanımı gerçekleşmiştir. Şekil 4.52.'de görüldüğü gibi üç adet nozuldan akışın çok fazla olduğu, gergi rulosu önünde suyun birikim yaptığı ve sıyırıcılar üzerindeki ıslak yükü artırdığı görülmüştür. Bundan dolayı yıkama için gereken su debisinin kirlilik mertebesine göre en asgari seviyede ayarlanması gerekmektedir.



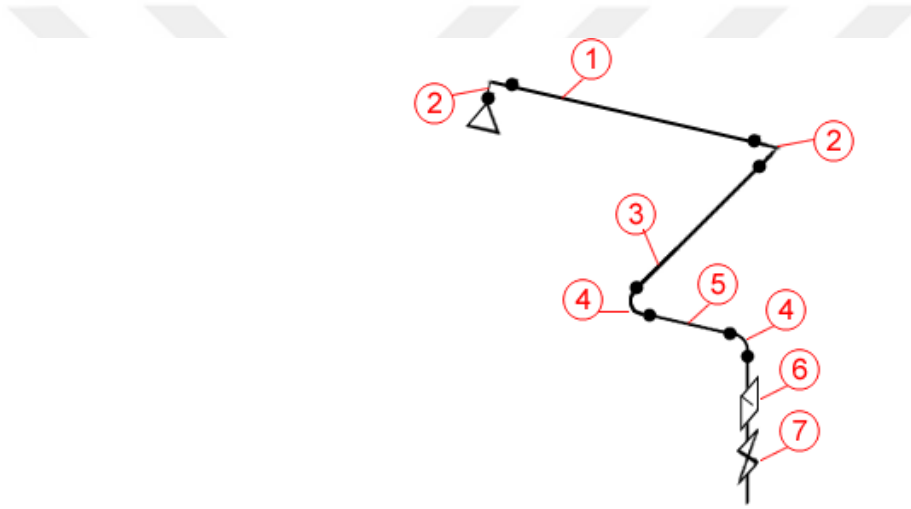
Şekil 4.52. Muhafaza kapağının açılarak bant alt şerit yıkamasından alınan fotoğraf

Tam olarak yıkanan ve sıyırma işlemi yapılan alt yüzey için 40 litre/dakika hava debisinde 2 dakika gibi bir sürede tüm bantın alt yüzeyinin hava ile kurutularak kuru yüzey mertebesine geldiği görülmüştür. Bant üst yüzeyi kısmen temizlenebildiği için bu aşamada değerlendirilmeyecektir. Kurutma işleminin farklı hava debilerinde kurutma süresi üzerindeki etkisi ayrıca incelenmelidir.

#### 4.6.3. Yıkama Sistemi Tasarımının Bulgular Doğrultusunda Tekrar Düzenlenmesi

Bant üst şeridinin yıkanması için alt grup üzerinde tekrar düzenleme yapılması gerekmiştir. Bantın ihtiyaçlar doğrultusunda alt şerit ve üst şeridinin ayrı ayrı ve birlikte yıkanabilmesi için tesisatlarının ayrı olması ve kumanda edilebilmesi gerekmektedir.

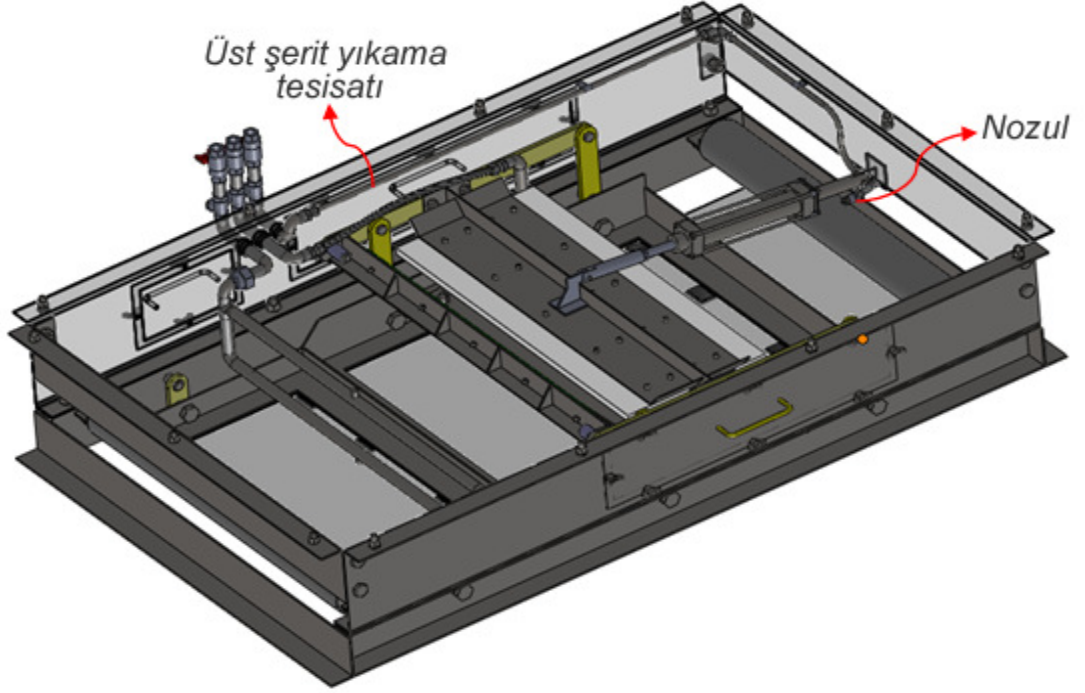
Bu doğrultuda bant üst şeridini yıkamak için alt şeridi yıkamakta kullanılan aynı tip nozul bir adet kullanılarak Şekil 4.53.'te gösterilen tesisat tasarımı oluşturulmuştur.



Poz No	Malzeme	Özellik	Materyal	Miktar	Kütle (kg)
1	Boru	Ø12x1 L=290mm	AISI304L	1 Adet	0,07
2	Dirsek 90°	Ø12 rakorlu nipel	AISI304L	2 Adet	0,10
3	Boru	Ø12x1 L=880mm	AISI304L	1 Adet	0,24
4	Dirsek 90°	ANSI B 16.9 1/2" SCH10 BW Dirsek	AISI304L	2 Adet	0,18
5	Boru	Ø21,3x2,11 L=120mm	AISI304L	1 Adet	0,13
6	Pislik tutucu	DN15 dişli pislik tutucu	CF8M	1 Adet	0,15
7	Küresel vana	DN15 PN16 dişli 2 parçalı	CF8M	1 Adet	0,38

Şekil 4.53. Alt şerit yıkama izometrik tesisat projesi ve malzeme listesi

Düzenlenen yeni tesisat Şekil 4.54.'te görüldüğü şekilde katı model tasarımına eklenmiştir.



Şekil 4.54. Yıkama sistemi montajlı katı model tasarımı izometrik alttan görünümü (Alt hazne montajsız)

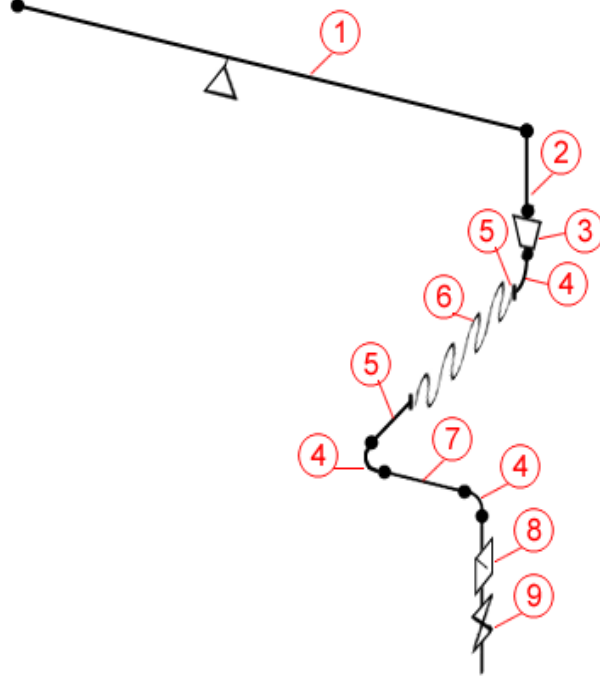
Tesisatın konveyör bant üzerinde montajlı olan deneysel yıkama sistemi üzerinde uygulanmış görünümü Şekil 4.55.'de verilmiştir.



Şekil 4.55. Üst şerit yıkama tesisatı montajlı fotoğrafı

İlk bulgularda üç adet alt şeridi yıkama nozulunun yaptığı işin tek bir adet orta nozul ile yapılabileceği görülmüştür. Üst şeridin yıkanması için alt gruba

eklenen bir adet nozul ve tesisatı da eklenmesi ile beraber alt şerit yıkama tesisatı tekrar düzenlenmiştir.



Poz No	Malzeme	Özellik	Materyal	Miktar	Kütle (kg)
1	Su püskürtme borusu	Ø26,67x2,11 L=745mm	AISI304L	1 Adet	0,75
2	Boru	Ø26,67x2,11 L=180mm	AISI304L	1 Adet	0,19
3	Redüksiyon	ANSI B 16.9 3/4"x1/2" BW K.Redüksiyon	AISI304L	1 Adet	0,15
4	Dirsek 90°	ANSI B 16.9 1/2" SCH10 BW Dirsek	AISI304L	3 Adet	0,18
5	Nipel	1/2" Boru dış nipel (L=35mm)	AISI304L	2 Adet	0,07
6	Esnek örgülü hortum	Ø21,5x2,5 L=450mm	AISI304L	1 Adet	0,50
7	Boru	Ø21,3x2,11 L=105mm	AISI304L	1 Adet	0,11
8	Pislik tutucu	DN15 dişli pislik tutucu	CF8M	1 Adet	0,15
9	Küresel vana	DN15 PN16 dişli 2 parçalı	CF8M	1 Adet	0,38

Şekil 4.56. Güncellenmiş alt şerit yıkama tesisatı izometrik projesi ve malzeme listesi

Buna göre sadece 1 nolu pozdaki iki adet nozul çıkışı körlenerek ortadaki oynar başlıklı nozul parçası çalışacak şekilde düzenleme yapılmıştır.

Yıkama sisteminin son düzenlemeler doğrultusunda nihai halinin fotoğrafı Şekil 4.57.'de sunulmuştur.



Şekil 4.57. Yıkama sisteminin son düzenlemeler kapsamında fotoğrafı

#### 4.6.4. Dökümantasyon Düzenlemeleri

Testler sonrası katı model dosyalarının bir kısmı ve parça listesi revize edildiği için yapılan değişikliklerin kayıtlarının yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Tasarıma eklenen tüm yeni parçalar metot listesine eklenmiş ve düzenleme yapılan parçalar teknik resimleri revize edilerek revizyon numaraları ile birlikte metot listesinde güncellenmiştir.

Bilgisayar ortamında kayıtlı olan model ve montaj dosyaları yedekli olarak tasarımın ilk aşamasından son güncel haline kadar kayıtlı tutulmaktadır. Her parça poz numarası ile tanımlı ve revizyon tarihini kapsayan klasörler altında kayıtlı olduğundan geçmiş kayıtlara erişmek de mümkündür.

#### 4.7. YIKAMA SİSTEMİ TEMİZLİK DENEYLERİ

Yapılan düzenlemeler sonrasında yıkama sistemi temizlik işlevlerinin incelenmesi için deneysel olarak çalıştırılmıştır. Deneylerdeki amaç tasarımın etkinliğinin farklı kirlilik şartlarda incelenmesidir.

#### 4.7.1. Yıkama Sisteminin Az Kirlilik Seviyesinde Test Edilmesi

Bu test işleminde ilk çalıştırmada uygulanan “Sınıf III” kirlilik mertebesi ilk çalıştırma testi ile aynı şekilde suni olarak bantta oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara dair rapor Şekil 4.58.’de sunulmuştur.

		DENEY NO:#2	
KİRLİLİK FAKTÖRÜ		KİREÇTOZU	
KİRLİTİLEN BANT YÜZEYİ		<input type="checkbox"/> ALT <input type="checkbox"/> ÜST <input checked="" type="checkbox"/> ALT VE ÜST	
KİRLİLİK SINIFI		SINIF III	
OLUŞTURULAN KİRLİLİĞİN FOTOĞRAFI			
			
<b>TEST VERİLERİ</b>		<b>DEĞERLENDİRME</b>	
BANT HIZI	1,2m/s	ÜST SIYIRICI İŞLEVİ	BAŞARILI
İŞLEM SÜRESİ	6,5 dk.	ALT SIYIRICI İŞLEVİ	BAŞARILI
SU TÜKETİMİ	5 l/dk	YIKAMA İŞLEMİ	BAŞARILI
HAVA TÜKETİMİ	60 l/dk	KURUTMA İŞLEMİ	BAŞARILI
Ort. AMPERAJ	3,0 A	MEKANİZMA İŞLEVİ	BAŞARILI
TEMİZLİK İŞLEMİ SONRASI BANT YÜZEYİ FOTOĞRAFI			
			
<b>BULGULAR</b>			
Bantın tamamen temizliği ve kurutması 6,5 dakika sürede başarıyla tamamlanmıştır.			

Şekil 4.58. Sınıf III kirlilikte temizlik işlemleri için test raporu

Bu testte; ilk çalıştırma testinde tespit edilen üst şerit yıkamasındaki ve sıyırmasındaki eksikliklerin giderildiği görülmüştür. Her iki bant yüzeyi etkili bir şekilde kirlilikten arındırılmış, yıkama mekanizmaları sorunsuz çalışmıştır.

#### 4.7.2. Yıkama Sisteminin Yüksek Kirlilik Seviyesinde Test Edilmesi

Şekil 4.49.'da belirtilen numune bant parçasındaki kirlilik örneği referans alınarak; en yüksek kirlilik mertebesi olan “Sınıf I” seviyesinde, bant alt ve üst yüzeylerine kireçtozu ve su karışımının fırça ile tatbik edilerek Şekil 4.59.'da gösterilen kirli bant görünümü oluşturulmuştur. Daha sonra bant yüzeyindeki kirliliğin tamamen kuruması beklenerek uzun süre çalışmamış bir konveyör bantın yüzey görünümü elde edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.59. Bant üst şeridi suni olarak kirletilirken

Kirletme işlemi tamamlanan bant daha sonra boşta çalıştırılarak kirliliğin rulolara ve tamburlara bulaşması sağlanmıştır. Bu esnada yıkama sistemi ve iç aksamları da kirletilmiştir. Böylece gerçek şartlara uygun olması amacıyla konveyör üzerinde montajlı olan yıkama sistemi de kirlilikten etkilenmesi sağlanmıştır. Daha sonra yıkama sistemi devreye alınarak hava ve su tesisatları diğer testlerde olduğu gibi tam kapasitede işletmeye alınmıştır. Test işlemi Şekil 4.60.'da belirtilen rapora işlenerek kayıt altına alınmıştır.

		DENEY NO:#3	
KİRLİLİK FAKTÖRÜ	KİREÇTOZU		
KİRLİTİLEN BANT YÜZEYİ	<input type="checkbox"/> ALT <input type="checkbox"/> ÜST <input checked="" type="checkbox"/> ALT VE ÜST		
KİRLİLİK SINIFI	SINIF I		
OLUŞTURULAN KİRLİLİĞİN FOTOĞRAFI			
			
<b>TEST VERİLERİ</b>		<b>DEĞERLENDİRME</b>	
BANT HIZI	1,2m/s	ÜST SIYIRICI İŞLEVİ	BAŞARILI
İŞLEM SÜRESİ	6,5 dk.	ALT SIYIRICI İŞLEVİ	BAŞARILI
SU TÜKETİMİ	5 l/dk	YIKAMA İŞLEMİ	BAŞARILI
HAVA TÜKETİMİ	60 l/dk	KURUTMA İŞLEMİ	BAŞARILI
Ort. AMPERAJ	3,0 A	MEKANİZMA İŞLEVİ	BAŞARILI
TEMİZLİK İŞLEMİ SONRASI BANT YÜZEYİ FOTOĞRAFI			
			
<b>BULGULAR</b>			
Bantın tüm temizlik işlemleri 6,5 dakika sürede başarıyla tamamlanmıştır.			

Şekil 4.60. Sınıf I kirlilik seviyesinde gerçekleştirilen temizlik testi raporu

Test neticesinde bantın her iki yüzeyinde temizlik işlemlerinin istenen temizlik mertebesinde tamamlandığı görülmüştür. Yıkama sisteminde titreşim ve gürültü değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Tüm mekanizmalar fonksiyonlarını sorunsuz olarak yerine getirmiş, tesisatlarda ve sistemde bir sızdırmazlık problemi görülmemiştir.



### 4.7.3. Deney Bulgularının İncelenmesi

#### 4.7.3.1. Temizlik süresi

Yıkama sisteminin işlem süresinin kirliliğin artmasına rağmen “Sınıf I” kirlilik oluşturulan testteki temizlik süresi ile aynı sürede gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Buna göre daha çok kirlilik seviyesi temizlik süresini etkilememektedir.

Yapılan gözlemlerde temizlik süresinin daha çok bant boyutları ile bant hızı ile ilgili olduğu görülmüştür. Kirlilik bant yüzeyinde çok küçük hacimler kapladığından birkaç çevrimde kolayca temizlenmektedir. O yüzden bantın temizlik işlemi süresini istenen temiz yüzeyi elde edene kadar geçen tur çevrim sayısı üzerinden analiz etmek daha uygun olacaktır.

Test çalışmalarının yapıldığı 650mm eninde konveyör bant sistemi için bunu incelemek gerekirse

Deney sel konveyör bant sonsuz kayış boyu 20000 mm’dir

Buna göre;

$$\text{Tur süresi} = \frac{\text{Bant kayış boyu (m)}}{\text{Bant hızı (m/s)}} = \frac{20m}{1,2m/s} = 16,66 \text{ s} \quad (4.1.)$$

Yapılan test çalışmaları 6,5 dk.’da tamamlanmıştır.

Buna göre;

$$\text{Tur sayısı} = \frac{\text{İşlem süresi (s)}}{\text{Tur süresi (s)}} = \frac{390s}{8,75s} \approx 21,4 \quad (4.2.)$$

Bantı çalıştırma, durdurma ve operatör tepki süresini de göz önüne alarak yarım turun bu sürede kaybedildiği varsayılırsa yapılan testlerde bant lastiğinin

yıkama sistemi içerisinde 23 turu tamamlayarak istenen temizlik mertebesine geldiği kabul edilebilir.

Bant eni ise bu süreyi belirleyici bir unsur değildir, bant eni arttıkça silgi eni de artacak, kısaldıkça silgi eni de azalacaktır.

Buna göre işletme süresi aşağıdaki formülden hesaplanabilir ;

$$\text{Yıkama sistemi işletme süresi} = \frac{\text{Bant kayış boyu (m)}}{\text{Bant hızı } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} \times 23 \quad (4.3.)$$

1000mm eninde, 220 metre sonsuz kayış boyunda 1,3 m/s hızında bir konveyör bant için yıkama sistemi işletme süresi Formül 4.3.'ten hesaplanacak olursa;

$$\text{Yıkama sistemi işletme süresi} = \frac{220\text{m}}{1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \times 23 \approx 3892 \text{ s} \quad (4.4.)$$

Olarak bulunur.

Bu örnekteki bant için temizlik işlemi yaklaşık 3892 saniyede, daha kısa ve basit bir ifade ile ortalama 1 saat sürede gerçekleşeceği öngörülmektedir.

#### 4.7.3.2. Devreye alma ve devreden çıkarma süreçleri

Yapılan test çalışmalarında yıkama sisteminin belirli bir sıralama doğrultusunda devreye alınması ve devreden çıkarılması gerektiği bulguları elde edilmiştir.

Yıkama tesisatları sıyırıcılar çalışmaya başladıktan hemen sonra aktif hale getirilmiştir. Yıkama, sıyırma ve kurutma işlemlerinin eş zamanlı yapıldığı takdirde sıyırılmayan su ve kirliliğin bant ile konveyör boyunca taşındığı, tamburlar ve ruloların bu durumda etkilendiği görülmüştür.

Hava dağıtıcılar su ile beraber aynı anda açılmıştır, bant yüzeylerinin temiz bir görünüme gelmesi ile su girişi kapatılmış, fakat bu aşamada bant yüzeyinde film şeklinde su tabakası bulunduğu gözlemlenmiştir. Bantın kurutulması için bu durumda hava tesisatı açık tutularak bant kuruyana kadar takip edilmiştir ve yüzeyler kuru konuma geldiğinde hava girişi kapatılmıştır.

#### 4.7.3.3. Enerji tüketimi

Test çalışmalarında bant tahrik tamburundaki enerji tüketiminin bir göstergesi olan dijital ampermetre değerleri tüm aşamalar için takip edilmiştir. Buna göre bant yıkama sistemi devrede değil iken 2,9 Amper çekmektedir. Yıkama sistemi devreye alındığında bu değer 3,2 Amper'e kadar çıkmaktadır. Bu veriler yıkama sisteminden doğan kuvvetlerin bant güç tüketiminde %20'lik bir artışa neden olduğunu ortaya koymaktadır.

Bant kurutulurken temiz bant yüzeyine erişilen aşamada sıyırıcıların çalışmasına gerek görülmemiştir. Bu durum bant üzerindeki sıyırıcıların gereksiz temas kuvvetlerini kaldırarak konveyör sisteminin gereksiz güç tüketimini ortadan kaldırmıştır.

#### 4.7.3.4. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi

Yıkama sistemi çalışırken bir miktar gürültü meydana gelmektedir. Gürültü kaynağı sıyırıcı ve bant temas noktalarıdır. Yapılan ölçümlerde bu gürültünün 70 dB(A) değerini geçmediği görülmüştür. Bu değer mevzuatlara uygun olmakla beraber yıkama sisteminin üzerine kişisel koruyucu donanım olarak kulaklık kullanmanın mecburi olduğuna dair uyarı işareti konulmuştur.

Yıkamadan çıkan kirli su ile sistemin altındaki tahliye kabında toplanarak bir hortum vasıtasıyla açık kanal veya toprağa bulaştırılmadan bir kaptan toplanmıştır.

Sistemde çıkan kirli suyun bertaraf edilmesi işletmelerin atık yönetimine uygun olarak yapılacağı bu tasarımın konusu değildir.

#### 4.7.4. İsim Plakasına Bulguların Eklenmesi

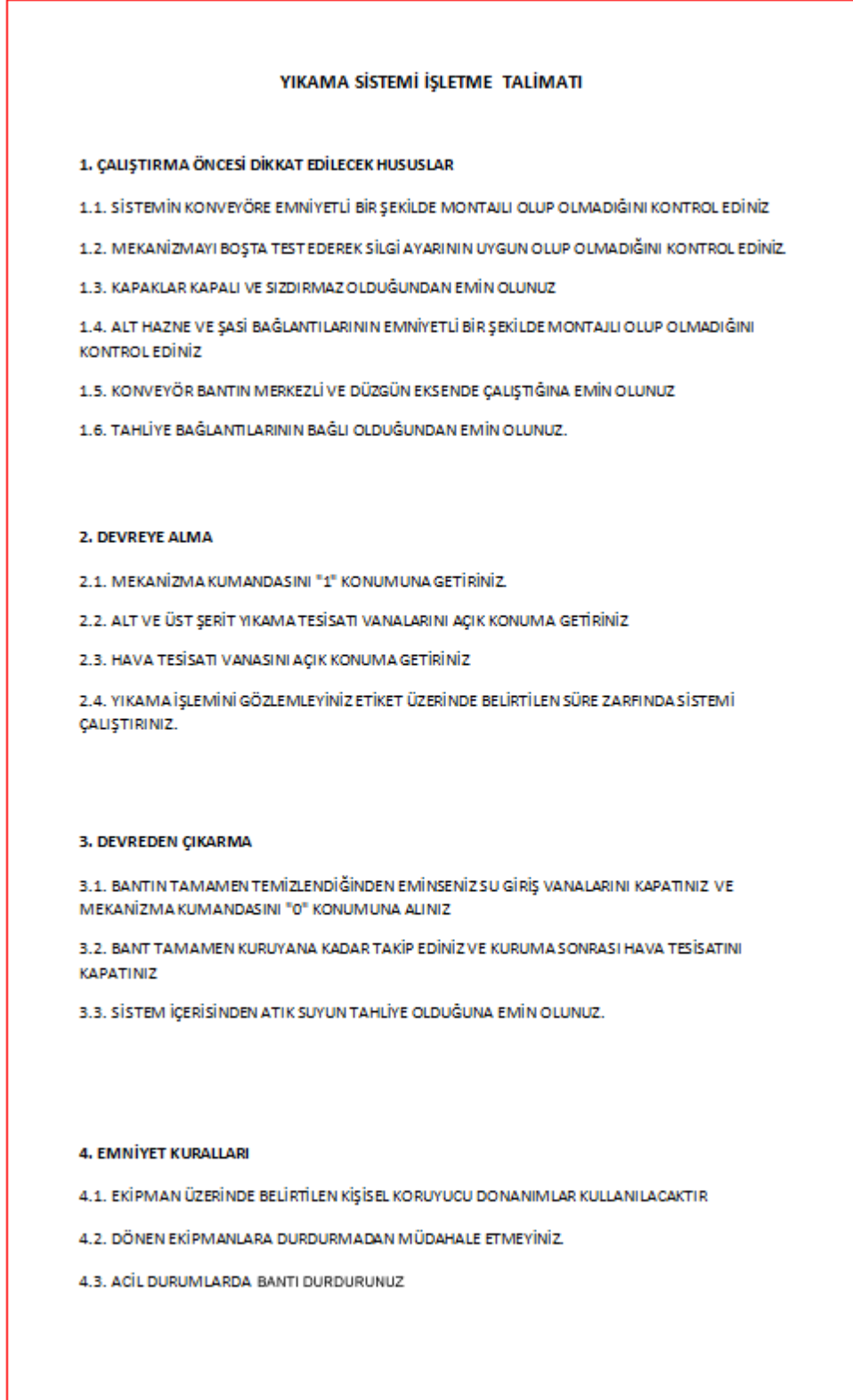
Daha önce taslağı oluşturulmuş isim plakasına, yapılan test işleminin tarihi ve önerilen çalıştırma süresi Şekil 4.61.'te belirtilen şekilde işlenmiştir. Bu plakanın basımı yapılarak yıkama sisteminin üzerine uygun bir yere montajı yapılmıştır.

DIZAYN			ETİKET BİLGİLERİ	
BANT	650x20000mm		TİP	BCC-M
DÖKME YÜK	54C½35NSU		SERİ NO	BCC-M-01
	Min	Max	ÜRETİM YILI	2015
BANT HIZI MAX	1 m/s	1,5 m/s	AĞIRLIK	220Kg
SU GİRİŞ BASINCI	3 Barg	5 Barg	ÜRETİM YERİ	Mersin/TURKIYE
HAVA GİRİŞ	3 Barg	5 Barg	TEST EDİLMİŞTİR. 23.03.2015	
ÇALIŞTIRMA SÜRESİ	6,5 dk.			
MONTAJ TARİHİ	20.03.2015			

Şekil 4.61. Basıma hazır isim plakası

#### 4.7.5. Bulgular Neticesinde İşletme Talimatının Oluşturulması

Yıkama sisteminin nasıl devreye alınacağı ve devreden çıkarılacağını ekipman başına operatöre tarif eden bir talimatnameye ihtiyaç vardır. Farklı operatörler bu işlemleri yapabileceğinden aynı prosedürleri uygulamaları için Şekil 4.62.'de gösterilen talimatname oluşturulmuştur. Bu talimat ekipman kumanda noktasına yakın bir noktaya asılmış ve testi yapan operatörler bilgilendirilmiştir.



Şekil 4.62 İşletme talimatı

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yıkama sisteminin tasarımının oluşturabilmesi için konveyör bant yapısının yakından incelenmesi gerekliliği görülmüştür. Bundan dolayı yıkama sisteminden önce temizliği yapılacak deneysel bir bantlı konveyör tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Temizlik işleminin nasıl ve ne şekilde yapılabileceği böylece daha detaylı olarak bilgisayar destekli tasarım ortamında çalışabilmiştir.

Yıkama sistemi tasarımı 650mm enindeki deneysel bantlı konveyör ölçüleri baz alınarak boyutlandırılmıştır. Konveyör bant konstrüksiyonları farklı yapılarda olabileceğinden standart bir yıkama sistemi boyutlandırması oluşturmak mümkün değildir. Tasarımda bundan dolayı şasi yapısı ölçüleri enine ve boyuna değiştirilebilir olarak düzenlenmiştir. Böylece aynı çalışma farklı bir bant ölçüsü için kısa sürede düzenlenebilmektedir.

Tasarım, imalat ve montaj işlemleri belirli bir düzen ve plan doğrultusunda yapılmıştır. Her parça kendi grubunu ifade edecek şekilde numaralandırılmıştır. Bu metot uygulaması ile yıkama sisteminin tasarım güncelleme ve imalat işlemlerinin kalite yönetim sistemlerine entegrasyonunu kolaylaştırılmış, her üretim atölyesinde uygulanabilir ve takip edilebilir bir ürün ortaya çıkması sağlanmıştır.

Tasarım yaklaşımı olarak öncelikle ön görülen boyutlandırma verileri ile katı modeller oluşturulmuş, bu parçaların emniyetli dayanım sınırlarında olup olmadığı bilgisayar destekli yazılım desteği ile analiz edilmiştir. Analiz işlemleri neticesinde yetersiz dayanım özellikleri gösteren parçaların tasarımları tekrar gözden geçirilerek güçlendirme çalışmaları yapılmıştır.

Yapılan imalatların ölçülerinin tasarım değerlerine uygunluğu her imalat sonrası incelenmiştir. Birbirleri ile montaj ilişkisi olan parçalar montaj işlemlerinden sonra montaj grubu ölçüleri ve tasarıma uygunluğu tekrar incelenmiştir. Tesisatlar ve mekanizmalar ayrıca ana montajdan bağımsız olarak test edilmişlerdir.

Deneysel konveyör bantın yüzeyinde oluşturulan suni kirlilikler ile yapılan temizlik testleri neticesinde yıkama sisteminin ve gerçekleştirilen imalatının etkili bir şekilde hedeflenen temizliği sağlayıp sağlamadığı incelenmiştir. Bu aşamada tüm parçaların işlevlerini yetirip getirmediği incelenerek ortaya çıkan yeni ihtiyaçlar ve işlevsel gereksinimler doğrultusunda tasarım son halini almıştır.

Tasarımın nihai halini alması ve montajlı yıkama sisteminde düzeltmeler yapıldıktan sonra bant üzerinde suni kirlilikler tekrar oluşturularak yıkama sistemi temizlik testleri tekrarlanmıştır. Bu testlerde 650mm eninde 1,2m/s hızında konveyör bant için 6,5 dakika sürede kirli bantın temizleme işlemlerinin tamamlandığı tespit edilmiştir. Bant üzerindeki kirlilik seviyelerinin toplam temizlik süresini etkilemediği bu çalışmalarda görülmüş olup, temizlik süresinin bant hızına ve bant uzunluğuna bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Yıkama sistemi uygulanacak konveyör bantların ne kadar sürede, nasıl bir kirlilik mertebesine ulaşacağı işletme koşullarına ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebileceğinden, yıkama sisteminin çalıştırma süresi ilgili konveyör banta özel olarak değerlendirilmelidir. Çalışılacak konveyörde bir prosedür doğrultusunda ölçüm ve tespitler yapılmalı, yıkama sistemi işletme programı bu doğrultuda oluşturulmalıdır.

Çok uzun bantlarda yıkama sistemi işlem süresini azaltmak için ise birden fazla yıkama sistemi konveyör bant üzerinde uygulanabilir. Bu durum, her tur için yıkama sistemi miktarı kadar yıkama çevrimi oluşturacağından süreyi kısaltacaktır.

Yıkama sistemi fonksiyonları insan odaklı bir kumanda altyapısı üzerine kurulmuştur. Operasyon esnasında vana ve mekanizma el kumandası operatör kontrolüne bağlıdır. Bu durum kullanıcı hatalarından doğabilecek sorunları da beraberinde getirmektedir. Kumanda sisteminin merkezi bir noktadan kontrol edilebilmesine imkan sağlayan bir otomasyon geliştirilmesi bu durumları ortadan kaldıracaktır. Bu noktada tesisat vanalarının kontrol vanalarına dönüşümü ve vana

açma kapama işlemlerinin zamanlamasının bir programlanabilir denetleyici ile kontrol edilmesi gerekliliği vardır.

Yıkama sisteminin su ve hava girdileri kirlilik mertebesine göre optimize edilerek tüketimleri daha verimli hale getirilebilir. Bu düzenlemenin el kumandalı sistemlerde yapılması çok zor olacağından farklı kirlilik senaryoları oluşturularak vana açıkları kontrol vanaları ile ayarlanarak istenen temizlik mertebesine minimum girdilerle ulaşılması mümkün olabilir.

Yıkama sistemi işlem süresinin kısaltılması sıyırma etkinliğine bağlıdır. Sıyırıcı performansı; kirlilik kaynağı, bant ek tipi gibi faktörlere bağlı olduğundan sürtünme katsayısı düşük ve aşınmaya dayanıklı tungsten bıçaklı standart sıyırıcılar sistem içerisinde kullanılabilir. Yapılan tasarım çalışmasında sıyırıcılar aşınmaya uğradığı zaman diğer yönü çevrilerek de kullanılabilir. Sıyırıcı malzemesinin bu doğrultuda iyileştirilmesi kullanım sürelerini uzatabilecek bir faktör olarak değerlendirilmelidir.

Yıkama sisteminden çıkan kirli atık su bir toplama kabında toplanarak ve sisteme bir pompa vasıtasıyla filtre edilerek yapılarak tekrar verilebilir. Bunun için tasarıma ayrı bir pompa ve filtre kiti dahil edilebilir veya istenen debi ve özelliklere uygun hazır sistemler tercih edilebilir.

Yıkama sisteminin günümüz konveyör işletmeciliğinde lastik bant ve elemanlarının işletme ömrünü uzatacak, toz ve döküntü risklerini asgari seviyeye indirebilecek bir ekipmanın geliştirilmesi fikri ile yola çıkılan bu çalışma, uluslar arası piyasadaki benzerlerine göre tamamen Türk Malı bir ürün olarak hizmete ve üretime hazır bir şekilde bu tez çalışmasında sunulmuştur.



## KAYNAKLAR

- [1] Meulenber, J., “Keeping Conveyors Clean—The Why and How”, NIBA Belt Line Newsletter, 1-2, (2006).
- [2] Robins, Jr, T., Conveyer Belt. United States Patent Office, No:499472 , (13.06.1893).
- [3] Cengiz, C., “Bir Bantlı Konveyörün Sonlu Eleman Yöntemiyle Dinamik Analizi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1 s., (2012)
- [4] DIN 22101, “Belt Conveyors for Bulk Materials - Bases for calculation and design.”, (2002).
- [5] CEMA. , “Belt Conveyors for Bulk Materials 5th Ed., Conveyor Equipment Manufacturers Association, A.B.D., (2002).
- [6] Gerdemeli, İ., “Sürekli Transport Sistemleri”, Birsen Yayınevi 11 s., (2004)
- [7] Gerdemeli, İ., “Sürekli Transport Sistemleri”, Bölüm 4., Birsen Yayınevi, 42-78 , (2004) .
- [8] Van Der Graf Online Product Catalog, “Drum Motor And Conventional Drive Comparison” , [http://www.vandergraaf.com/pages/Menu/Products/Drum\\_Motors/Comparison](http://www.vandergraaf.com/pages/Menu/Products/Drum_Motors/Comparison) (01.03.2014).
- [9] Wikipedia “Belt friction”, [http://en.wikipedia.org/wiki/Belt\\_friction](http://en.wikipedia.org/wiki/Belt_friction) (21.02.2014).
- [10] TS 547 EN ISO 14890 “Konveyör bantları - Genel amaçlar için - Kauçuk veya plâstik kaplanmış tekstil karkaslı konveyör bantlarının özellikleri”, (2004).
- [11] Sağrılı, A., Boğoçoğlu, M., “Transport tekniği 2 – Bantlı ileticiler”, <http://www.yildiz.edu.tr/~sagirli/transport2.rar>, 5 s., (17.03.2009).
- [12] EKSAŞ , “Palet desenli bantlar”, <http://www.eksaskonveyor.com/teknik-bilgiler/palet-desenli-bandlar> (2013).
- [13] Gerdemeli, İ., “Bant taşıyıcılar”, [web.itu.edu.tr/~ismail/band.pdf](http://web.itu.edu.tr/~ismail/band.pdf) (30.11.2005)
- [14] Özer konveyör bant sanayi ve ticaret A.Ş., “Bant kataloğu”, 11 s., (17.04.2013).

- [15] Çankır, K., “Lastik Konveyörler Bantlarının Eklenme Yöntemleri ve Teknik Ayrıntıları”, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62-66, (2006)
- [16] Maguire, D., “Abrasion Resistance of Conveyor Belts”, NIBA Belt Line Newsletter, 1-2, (2001).
- [17] Naseer, M., "Best Practices on Conveyor Safety", Alberta Employment and Immigration Workplace Health and Safety, 17-20, (2003).
- [18] Giraud, L., Masse, S., Schreiber, L. "Belt conveyor safety, understanding the hazards", Asse Professional Safety Journal, 20-21, (2004).
- [19] Swinderman, R. T., Marti, A.D., Golbeck, L.J., Marshall, D., Strebel, M.G., “Foundations 4th Edition: The Practical Resources for Cleaner, Safer, More Productive Dust & Material Control”, Worzalla Publishing Company, Wisconsin, (2012).
- [20] Pathak, K., “Belt Conveyor” , [intinno.iitkgp.ernet.in/courses/951/.../153174](http://intinno.iitkgp.ernet.in/courses/951/.../153174) (2007)
- [21] Normanton, J., Porter, K., "Basic Conveyor Safety", NIBA Belt Line Newsletter, 1-2 s., (2010).
- [22] Tan, İ., "Bir malzeme taşıma sisteminin başarısının anahtarı onu çalıştıran ve yöneten, İnsan..", TMDER Sektörden haberler bülteni, 74-77 s., (Temmuz 2013).
- [23] Svensson, A., Dröttboom, M., "Careful Handling of Hazardous Goods", Bulk Solids Handling, 1-4 s., (29.07.2010).
- [24] Gerdemeli, İ., "Yüklerin sınıflandırılması" , [transport.itu.edu.tr/ PDF/ mak546 /MAK546-1.pdf](http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak546/MAK546-1.pdf) (27.11.2004)
- [25] İmrak, E.C., Gerdemeli, İ., "Malzemelerin ve transport makinalarının sınıflandırılması", [transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-2.pdf](http://transport.itu.edu.tr/PDF/mak419/MAK419-2.pdf) (27.09.2004)
- [26] İşdaş, O., "Elektrokimyasal korozyon ilkeleri", Metalurji dergisi Sayı:155, (2010)
- [27] Wikipedia, the free encyclopedia, "Hygroscopy", <http://en.wikipedia.org/wiki/Hygroscopy> (08.03.2014).
- [28] CEMA Conveyor Equipment Manufacturers Association , "ANSI / CEMA 550-2003-R2009 : Classification and definitions of bulk materials", 25-44 s., (2009).
- [29] Doğan, G., "Atmosferik korozyonun metal yapı malzemelerine etkisi üzerine deneysel bir çalışma ve yapay sinir ağı ile korozyon hızı tahmini" Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, 49-55 s., (2006).

- [30] Pitcher, D.M., "Loading, discharging and cleaning of belt conveyors" <http://www.saimh.co.za/beltcon/beltcon1/paper19.html> (1981).
- [31] Swinderman, R.T., "Measurement and control of Spillage and leakage at conveyor transfer points", <http://www.saimh.co.za/beltcon/beltcon4/paper45.html> (1987).
- [32] Drohan, R.S., "Spillage control on belt conveyor systems", <http://saimh.co.za/beltcon/beltcon7/paper79.html>(1993)
- [33] DIN 50320, "Materialprüfnormen für metallische Werkstoffe", 1-2 s.,(1970).
- [34] Kadakia, M., "Wear Resistance of Rubber Conveyor Belt", NIBA Belt Line Newsletter, 1-4 s., (2006).
- [35] Nanetoe, S., Soponpongpiat, N., "OPTIMUM DESIGN AND COST CHARACTERISTIC OF SMALL CONVEYOR" <http://thescipub.com/pdf/10.3844/ajasp.2013.15.23> (2013)
- [36] Flexco Company, "How Does Corrosion Affect Rollers?", [http://www.flexco.com/filebase/en/src/Belt\\_Conveyor\\_Insights/X2523\\_enUS\\_2523\\_INSCCTcorr.pdf](http://www.flexco.com/filebase/en/src/Belt_Conveyor_Insights/X2523_enUS_2523_INSCCTcorr.pdf) , (08.08.2013).
- [37] Selby, M., "Introduction to tracking a conveyor belt", Australian Bulk Handling Review 2008-03, 42-45 s., (2008).
- [38] Gibbs, A., "Stopping the slide", World Coal 2009-02, 46-48 s., (2009).
- [39] Gibbs, A., Bayley, M., "The importance of clean conveyors" World Coal 2013-01, 44 s., (2013).
- [40] Frank, G., "Tracking and Training Part II ", [http://www.fennerdunlopamericas.com/pdf/RollRap-V4-II/Belt\\_Wizards.htm](http://www.fennerdunlopamericas.com/pdf/RollRap-V4-II/Belt_Wizards.htm), (2008).
- [41] Swinderman, R.T., Bierie, F. "Tozsuz ve emniyetli konveyör" TMDER Sektörden haberler bülteni, 91-93 s., (Aralık 2013).
- [42] T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, "Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği" Ek 1 Madde 2.4. , (03.07.2009).
- [43] R.Stahl Group, "Basics of dust explosion protection", Schaltgerate GmbH,
- [44] Ergür, H. S., "Makina endüstrisinde karşılaşılan toz patlaması olayı ve atex yönergeleri", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt : XXV, Sayı : 2, (2012).
- [45] William, E., Stahura, R. P., Swinderman, R. T., "Conveyor Transfer Stations Problems And Solutions." Neponset, IL: Martin Engineering Company, (1984).

- [46] Swinderman, R.T., "Cost Effective Dust Control Technologies", <http://saimh.co.za/beltcon/beltcon13/Cost%20effective%20WEBPAGE/Cost%20effective.htm> (2005).
- [47] Shortt, G., Nel, P., "Belt cleaning - a designer's point of view" , <http://www.saimh.co.za/beltcon/beltcon8/paper812.html>, (06.02.2007).
- [48] Sandvik Company, "Selection of belt Cleaners" , <http://construction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf>, (04.09.2006).
- [49] CEMA Conveyor Equipment Manufacturers Association , "ANSI / CEMA 576-2013: Classification of Applications for Bulk Material Conveyor Belt Cleaning", 3-4, (18.03.2013).
- [50] Hell, E., "Conveyor Belt Cleaning", Directory of Quarries & Quarry Equipment, 22-26 s., (Ekim 2006)
- [51] Metso Minerals Company, "Trellex bant temizleyiciler kataloğu", 9 s., (2006).
- [52] Tasnim, F.A., Muhd, F.B., Jusoh, M.P., Mohd, H.A., "Design Improvements and Fabrication of Conveyor Belt Cleaner and Washing System at Westports Malaysia", 8 s., (10.10.2013).
- [53] Stahura, R.P., "Conveyor belt washing - Isthis the ultimate solution?", Technolog Update Vol.111 No.11, 2-3 s., (1987).
- [54] Swinderman, R. T., Marti, A.D., Golbeck, L.J., Marshall, D., Strebel, M.G., "Foundations: Daha Temiz, Daha Güvenli, Daha Verimli Toz ve Malzeme Kontrolü için Pratik Kaynak (Türkçe)", Alternatif Yayıncılık, İstanbul, 376-411 s., (2012).
- [55] Wei, P., "An introduction to magnetic separation " , <http://www.bulkhandling.com.au/news/print-editions/january-february-2010/an-introduction-to-magnetic-separation>, (05.03.2010).
- [56] CEMA "CEMA Conveyor Belt Cleaning Efficiency Ranking" , [http://www.cemanet.org/wp-content/uploads/2012/04/CEMA-Belt-Cleaner-Efficiency-Ranking-Standard\\_Draft1.docx](http://www.cemanet.org/wp-content/uploads/2012/04/CEMA-Belt-Cleaner-Efficiency-Ranking-Standard_Draft1.docx), (2012).
- [57] Güven, O., Güven, A., "Lastik Bantlı Konveyörlerde Bant Hızı ve Genişliğinin Bilgisayar Destekli Tayini" , MATİK'1997- Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı. G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, 15-16 Eylül 1997. Ankara.
- [58] Derby Konveyör Bant San. Ve Tic. A.Ş. , "Tekstil Dokulu Bant Seçimi" , <http://www.derbyconveyor.com/bant-secimi-3.html>, (2010).

- [59] Akkaya Makine San. Tic. Ltd. Şti. , "Konveyör Rulo Kataloğu" , <http://akkayamakina.com.tr/o76-o89-rulo-detaylari>, (2013).
- [60] Nilos Company , "Conveyor Belt Equipment", [http://www2.nilos.com/DWD/\\_111327/upload/media\\_138376.pdf](http://www2.nilos.com/DWD/_111327/upload/media_138376.pdf), (2012).
- [61] Rulmeca Company , "Motorized Pulley 500L, 500M & 500H", [http://download.rulmeca.it/catalogo/serie\\_eng/3%20Drawings\\_320L,%20320M%20&%20320H.pdf](http://download.rulmeca.it/catalogo/serie_eng/3%20Drawings_320L,%20320M%20&%20320H.pdf), (2013).
- [62] Sandvik Company , "Sandvik Conveyor Components", <http://www.miningandconstruction.sandvik.com>, (2013).
- [63] SKF Company , "Split plummer block housings, SNL and SE series for bearings with a cylindrical bore, with standard seals" , <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-housings/split-plummer-block-housings-snl-2-3-5-and-6-series/snl-series-cylindrical-bore-with-standard-seals/index.html?prodid=5101900208>, (2014).
- [64] Kardemir A.Ş. , "Ürün kataloğu" , <http://www.kardemir.com/katalog/urun.pdf>, (2014).
- [65] Spraying Systems Co. , "Technical Reference", [http://www.spray.com/cat70m/cat70mpdf/ssco\\_cat70m\\_a.pdf](http://www.spray.com/cat70m/cat70mpdf/ssco_cat70m_a.pdf), (2010).
- [66] Spraying Systems Co. , "Flat Sprey Nozzles", [http://www.spray.com/cat70m/cat70mpdf/ssco\\_cat70m\\_c.pdf](http://www.spray.com/cat70m/cat70mpdf/ssco_cat70m_c.pdf), (2011).
- [67] Martin Engineering Company. , "Return of the belt", [martin-eng.com/sites/default/files/foundations/book\\_downloads/f4\\_d12\\_s3.pdf](http://martin-eng.com/sites/default/files/foundations/book_downloads/f4_d12_s3.pdf), (2012).
- [68] Emil, M., "Hava Dağıtım Sistemleri" , II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, 341 s., (2001).
- [69] Festo Company. , "Standard cylinders DNG/DNGL/DNGZK/DNGZS, ISO 15552, Ø 32 to 200 mm" , [http://www.festo.com/net/tr\\_tr/SupportPortal/Downloads/309661/285980/DNG\\_en.pdf-04.02.2010-10-20-09.pdf](http://www.festo.com/net/tr_tr/SupportPortal/Downloads/309661/285980/DNG_en.pdf-04.02.2010-10-20-09.pdf), (2010).

## ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

**Adı Soyadı:** Hacı Ömer Arı

**Doğum Tarihi:** 18/06/1983

**Öğrenim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Eğitim Kurumu	Yıl
Lise	Fen	MTSO Anadolu Lisesi	1996-2001
Lisans	Makine Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2001-2005
Yüksek Lisans	Makine Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2012-

**(Varsa) Görevler:**

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Saha Bakım Şefi	Tekfen Holding – Toros Tarım San. Ve Tic. A.Ş.	2008-...

### ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

- 1.
- 2.
- 3.