

**DÖNER TABLALI  
YÜRÜTEÇ TASARIMI VE  
PROTOTİP İMALATI**

**Rasim ORHAN**

**Yüksek Lisans**

**Tezi**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Soner**

**ÇELEN**

**2017**

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DÖNER TABLALI ELEKTROHİDROLİK YÜRÜTEÇ**  
**TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

**RASİM ORHAN**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. SONER ÇELEN**

**TEKİRDAĞ-2017**

**Her hakkı saklıdır**

Yrd. Doç. Dr. Soner ÇELEN danışmanlığında, Rasim ORHAN tarafından hazırlanan “Döner Tablali Elektrohidrolik Yürüteç Tasarımı ve Prototip İmalatı” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Yrd. Doç. Dr. Soner ÇELEN

*İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aytaç MORALAR

*İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yrd. Doç. Dr. Olcay EKŞİ

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DÖNER TABLALI ELEKTROHİDROLİK YÜRÜTEÇ TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

**Rasim ORHAN**

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Soner ÇELEN

Günümüzde gelişen sanayi ile birlikte kaldırma ve taşıma makinalarına olan ihtiyaç oldukça artmıştır. Artan talebi karşılamak için üreticilerin, geleneksel yöntemlere ek olarak yeni üretim ve kontrol mekanizmaları kullanmaları büyük önem kazanmıştır. Ülkemizde nakliye sektöründe yüksek teknoloji ve know-how içeriği gereken ağır taşıma ekipmanlarının önemli bir kısmı yurtdışından tedarik edilmektedir. Özellikle Termik, doğalgaz dönüşüm, hidroelektrik, rüzgar enerji santralleri, petrokimya rafinerileri sektörlerinde taşıma ve montaj işlemleri giderek artan ağırlıklarda gerçekleşmektedir. Ayrıca ekipmanlar boyutları gereği dar ve kapalı alanlarda dezavantaj oluşturmaktadır. Projemizin başarıya ulaşması sonucunda ağır yük nakliye ihtiyacı yerli taşıma ekipmanları ile ve muadiline göre daha optimum boyutlarda olduğu için daha dar alanlarda da karşılanmış olacaktır. Bu tez geliştirilecek Turn Table taşıma ekipmanı hem yurtiçi hem de yurtdışında diğer nakliye firmalarına pazarlanması sağlanacaktır. Yapılan analiz çalışmaları sonucunda ortaya çıkan bilgiler ışığında tasarım doğrulama çalışmaları yapılmış ve nihai ürün tasarımı bitirildikten sonra prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Türkiye için ilk defa 420 ton taşıma kapasiteli, kendi eksenine etrafında 360 derece dönebilen ve muadillerine göre daha küçük boyutlarda ağır yük taşıma ekipmanı üretilmiştir. Ülkemizde bulunmayan ve yurtdışından tedarik edilen ağır yük taşıma ekipmanları istenen yük taşıma kapasitelerinde üretilebilecek ve yurt dışına bağımlılık azaltılarak teknoloji yerlileştirilecektir. Artan ağırlıklara göre ağır kaldırma hizmeti veren firmaların araç-gereç, ekipman niteliklerini hazırlama ihtiyaçları giderilebilecektir.

**Anahtar kelimeler:** döner tabla, hidrolik, pnömatik, tasarım.

**2016 , 55 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **TURNTABLE ELECTROHYDRAULIC WIRING DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURING**

**Rasim ORHAN**

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Soner ÇELEN

The necessity of lifting and carrying machines are more than ever in parallel with the developments in the industry. In order to fulfill the increased demand, producers are searching for new production and control mechanisms and this has been very crucial. Most part of the heavy industry equipments in our country that requires high technology and know-how are supplied from abroad. Especially, in sectors such as thermic, natural gas recycling, hydrau electric, wind power plants, petrochemical refineries heavy lifting and assembling work are always increasing. Moreover, equipments are being at a disadvantaged point when its size are too big to enter narrow and closed areas. After our Project achieves its goal, it will be very useful for entering narrow and these aforementioned closed areas and carry almost the same amounts of weight. This Turntable thesis is going to be improved and it has the aim is to create the marketing domestically and externally. According to the analysis works and the outcomes founded, design verification work has been finished and in the wake of product design, its prototype manufacturing has been succesfully done. This is the first in Turkey where it can carry 420 tons, can turn 360 degrees and smaller than its equivalentents which makes it easier to mobilize in narrow places. With this Project, we will decrease Turkey's dependence to abroad on heavy lifting equipments and it will be produced on whatever capacity it is needed. Also, it will be a troubleshooter for firms providing heavy lifting services by supplying equipments to them.

**Keywords:** turn table, hydraulic, pneumatic, design

**2016 , 55 pages**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÇİZELGE DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Transport Tekniği ve Kaldırma ve Taşıma Makinaları .....	2
1.2 Dış Taşıma.....	5
1.3 İç Taşıma .....	6
1.4 Transport Makinelerinin Sınıflandırılması.....	6
1.4.1. Kesikli taşıyıcılar .....	7
1.5. Kren Çeşitleri ve Konstrüksiyonu.....	8
1.5.1. Köprülü krenler.....	9
1.5.2. Portal krenler .....	9
1.5.3. Oklu krenler.....	9
1.5.4. Kablolu krenler .....	10
1.5.5. Döner kuleli krenler .....	10
1.5.6 Tek ve çift kirişli krenler .....	14
1.6. Hidrolik Sistemler .....	16
1.6.1. Hidrolik sistem elemanları .....	16
1.6.2. Hidrolik sistemlerin kullanım yerleri .....	18
1.6.2.1. Hidrolik sıvılar ve güç aktarımı.....	18
1.6.2.2. Sıvı içerisinde kalan hava ve sıkıştırılabilirlik.....	18
1.6.2.3. Köpüklenme .....	19
1.6.3. Hidrolik sıvılar ve sistemin korunması .....	19
1.7. Hidrolik sistemlerin seçimi .....	23
1.7.1. Ekipman ve viskosite seçimi.....	24
1.7.2. Ekipman ve diğer faktörler .....	24
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>28</b>
2.1. Materyal.....	28
2.1.1 Hidrolik silindir .....	28
2.1.2 Hidrolik Pompa.....	28
2.1.3 Elektrik Motoru .....	28
2.2. Yöntem.....	28
2.2.1. FEM, DIN ve CEN normları ile transport sistemlerinin projelendirilmesi.....	28
2.2.2. FEM .....	29
2.2.3. API.....	29
2.2.4. ISO.....	30
2.2.5 TSE / EN .....	30
<b>3. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	<b>32</b>
3.1. Döner Tabla İmalat Resimleri .....	32
3.2. Döner Tabla Taşıma Konstrüksiyonu Bilgisayar Destekli Statik Analizi .....	38
3.3. Döner Tabla Taşıma Konstrüksiyonu Araştırma Sonuçları .....	41
3.4. Döner Tabla İmalat Görüntüleri .....	45
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>52</b>
<b>5. KAYNAKLAR</b> .....	<b>54</b>

<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>55</b>
-----------------------	-----------

## ÇİZELGE DİZİNİ

### **Sayfa**

Çizelge 1.1: Maliyet Etkin Tek Kirişli Krenler.....	24
Çizelge 1.2: Hidrolik pnömatik ve elektrik enerjilerinin karşılaştırılması.....	26
Çizelge 2.1 : Dönme hareketi model parça listesi.....	46
Çizelge 2.2 : Sürünme hareketi model parça listesi.....	48
Çizelge 4.1 : Projenin yurtdışındaki muadilleri ile kıyaslanması.....	60



## ŞEKİL DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 1.1 : Krenlerin sınıflandırılması.....	4
Şekil 1.2 : Oklu kren uygulamaları.....	10
Şekil 1.3 : Kuleli inşaat kreni.....	11
Şekil 1.4 : İnşaat kreni.....	12
Şekil 1.5 : Açık deniz platformu jib kreni.....	13
Şekil 1.6 : Tek ve çift kirişli köprülü kren.....	15
Şekil 1.7 : Hidrolik sistem elemanları.....	16
Şekil 1.8 : Bulk modülü diagramı.....	19
Şekil 1.9 : Sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisi.....	21
Şekil 1.10 : ISO viskozite dereceleri.....	24
Şekil 1.11 : ISO viskozite sınıfı yağ seçimi tablosu.....	25
Şekil 1.12 : Krenlerin sınıflandırılması.....	26
Şekil 1.13. Çift etkili silindir kumanda devresi.....	27
Şekil 2.1: API spec. 2c' de kren tipleri (API Spec 2004) .....	30
Şekil 3.1 : Döner Tabla genel Görünüm.....	32
Şekil 3.2 : Döner Tabla şase görünüm teknik resmi.....	32
Şekil 3.3 : Döner Tabla şase teknik resmi.....	33
Şekil 3.4 : Döner Tabla şase detay teknik resmi.....	33
Şekil 3.5 : Kızak plaka teknik resmi.....	34
Şekil 3.6 : Kızak plaka detay teknik resmi.....	34
Şekil 3.7 : Orta göbek piston alt plaka ve zemin plaka teknik resmi.....	35
Şekil 3.8 : Ana piston teknik resmi.....	35
Şekil 3.9 : Ara piston teknik resmi.....	36
Şekil 3.10 : Kızak yürüyüş piston teknik resmi.....	36
Şekil 3.11 : Feder teknik resmi.....	37
Şekil 3.12 : Döner Tabla feder teknik resmi.....	37
Şekil 3.13 : Döner Tabla taşıma konstrüksiyonu genel görünüm.....	38
Şekil 3.14 : Dönme hareketi model genel görünüm.....	38
Şekil 3.15 : Dönme hareketi model sınır şartları görünüm.....	39
Şekil 3.16 : Sürünme hareketi model genel görünüm.....	39
Şekil 3.17 : Sürünme hareketi model sınır şartları görünüm.....	40
Şekil 3.18 : Dönme hareketi analiz sonucu ve gerilme dağılımı.....	41
Şekil 3.19 : Dönme hareketi analiz sonucuna göre gerilmenin maksimum olduğu bölge	41
Şekil 3.20 : Sürünme hareketi analiz sonucu ve gerilme dağılımı.....	42
Şekil 3.21 : Sürünme hareketi analiz sonucuna gerilmenin maksimum olduğu bölge....	42
Şekil 3.22 : Taşıyıcı gövde genel ölçüler.....	44
Şekil 3.23 : İmalat görüntüsü.....	45
Şekil 3.24 : İmalat görüntüsü.....	45
Şekil 3.25 : İmalat görüntüsü.....	46
Şekil 3.26 : İmalat görüntüsü.....	46
Şekil 3.27 : İmalat görüntüsü.....	47
Şekil 3.28 : İmalat görüntüsü.....	47
Şekil 3.29 : İmalat görüntüsü.....	48
Şekil 3.30 : İmalat görüntüsü.....	49
Şekil 3.31 : İmalat görüntüsü.....	50
Şekil 3.32 : İmalat görüntüsü .....	50

Şekil 3.33 : İmalat görüntüsü.....	51
Şekil 3.34 : Yapılan test ve controller.....	51
Şekil 3.35 : Yapılan test ve controller.....	51

## **KISALTMALAR**

ADC	: Analog Dijital Dönüştürücü
API	: American Petroleum Institute
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
BS	: British Standards
CAD	: Computer Aided Drawing
CEN	: Comite Europeen de Normalisation
DIN	: Deutsche Industrie Normen
EN	: European Standard
FEM	: The Federation Europeen de la Manutention
ISO	: International Organization for Standardization
NEN	: The Netherlands Standardization Institute
NF	: Association Française de Normalisation
SAE	: Society of Automotive Engineers
SEM	: Sonlu Elemanlar Metodu
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

## ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca, hiçbir konuda benden yardımını esirgemeyen değerli hocam, Yrd. Doç. Dr. Soner ÇELEN 'e, bana daima destek olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2017

Rasim ORHAN  
Makine Mühendisi

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu yüzyıllardır büyük güç gerektiren işler için makinaları kullanmışlardır. İnsanlık tarihi kadar eski olan bu araçlar, en basit örneği kaldıraçtan bu yana, gelişen teknolojilerle beraber büyük değişimler geçirmişlerdir. Artan talebi karşılamak için her geçen gün daha fazla yük taşıyabilen, bunu yaparken de en üst düzeyde güvenlik sağlayabilen makinalar geliştirilmesi, ihtiyacın ötesinde zorunluluk haline gelmiştir. Kaldırma ve taşıma makinalarının gelişmesini tetikleyen endüstriyel gelişmeler, gün geçtikçe daha büyük yükleri daha kısa zamanda, daha az enerji ile taşımaya önemli kılmıştır. Bununla beraber büyüyen ve gelişen dünyada ticaretin sınırları neredeyse ortadan kalkmış ve uluslararası rekabet büyük önem kazanmıştır. Böyle bir ortamda, müşteri isteklerine cevap verebilecek hızda ve kalitede üretim yapmak her işletmenin hedefidir. Artan rekabetin getirmiş olduğu bir diğer zorunluluk ise maliyetleri en aza indirmedir. Tüm bu etkenler bir arada düşünülürse işletmelerin en iyi performansla çalışabilmeleri için geleneksel tasarım ve üretim süreçlerini çağın gereklerine uygun olarak gelişen teknolojiyle beraber yenilemeleri gerekmektedir. Son yıllarda artan bilgisayar kullanımı sayesinde günümüzde tasarımlar, büyük bir hızla ortaya çıkmaktadır. Tasarım aşamasının kontrolü ve analiz kısmı da güvenilirliği giderek artan ve yüksek doğrulukta sonuçlar veren modellemeler ortaya koymaya imkân sağlamaktadır. Özellikle sonlu elemanlar analizlerinin bilgisayar ortamında paket programlarla yapılabilmesi tasarım doğrulama aşamasında önemli bir yer tutmaktadır. Ancak standartlar henüz bilgisayar ortamında yapılan testlerin doğruluğu ve güvenilirliğini kabul etmekten uzaktır. Bu nedenle yapılan analizlerin ve değerlendirmelerin deneysel olarak doğrulanması halen zorunlu bir durumdur. Teknolojinin özellikle son yıllarda- gelişme hızı göz önünde bulundurulduğunda, gelecekte, bilgisayar analizlerinin yeterli görüldüğu tasarım süreçleri öngörülebilir. 21. yüzyılın ilk yıllarında yaşanan bu durum bir geçiş süreci olarak adlandırılabilir (Candaş, 2013).

Taşımacılık sektöründe büyük projelerde ağırlıkları 150-500 ton arasında değişen ekipmanların taşınmaları ve montaj operasyonları yurt içinde firmalar tarafından başarı ile gerçekleştirilmektedir. Ama sektördeki bütün firmalar bu yükleri taşımak için ekipman olarak yurtdışına bağımlı durumdadır. Bu ekipmanlar know-how'ın yurt içinde olmaması nedeniyle, yüksek bedeller ödenerek yurtdışından tedarik edilmektedir. Diğer yandan kaldırılıp indirilen ve montajları için gereken malzemelerin ağırlıklarında teknolojinin gelişmesine bağlı olarak kapasite artışı ile birlikte ağırlıklarda da ciddi bir artış gözlenmektedir. Ağır kaldırma hizmeti veren firmaların araç-gereç, ekipman niteliklerini artan ağırlıklara göre hazırlamaları gerekmektedir. Gerek artan ağırlıklar gerekse yurtdışından getirilen ekipmanların günden güne

fıyatlanması sonucu sektördeki firmalarda ağır yük taşıma kapasiteli ekipmanların yerleştirilmesi ihtiyacını arttırmıştır. Bu tez ile firma 420 ton taşıma kapasiteli, kendi ekseninde dönebilen ve kapalı-dar alanlarda yürütülebilmeleri, belirli yüksekliklere kaldırılabilmesi açısından boyut olarak daha küçük boyutlarda bir Turn Table (Hidrolik-Elektrikli Yürüteç)sistemi tasarlanarak prototip üretimi yapılmış olup, elde edilecek bu teknoloji ile mevcut dışa bağımlılık ortadan kaldırılması sağlanacaktır.

### **1.1. Transport Tekniği ve Kaldırma ve Taşıma Makinaları**

Transport tekniği iki genel periyotta incelenir. Birisi 1900'a kadar olan devre diğeri onu takip eden devredir. Şüphesiz milattan 1500 yıl öncesine kadar malzeme taşımının ilkel gelişmeleri vardır. Ama esas itibarıyla mekanik teorilerle bu gelişmeler M.Ö.450-1900 arasında olmuştur. Mekanize anlamda malzeme iletimi konveyörün iletim alanına girme ile gelişmiştir. Bu da 1900'lardan sonra otomobil endüstrisinde yapılan gelişmelerle olmuştur. İletimde mekanizasyon 1940'a kadar devam etmiş ve ondan sonra iletim otomasyon yolu ile gerçekleştirmeye başlamıştır. Bugün malzeme iletimi tamamen otomatikleşmiş bir endüstri uygulamasıdır. Burada iletim vasıtalarında olduğu kadar robotizmin gelişmesinde de bu otomasyon görülmektedir (Imrak ve Gerdemeli, 2010).

Yüklerin bir yere taşınmasında üç temel işlem vardır; yükleme, iletim, boşaltma. Bu işlemler transport makineleri tarafından yerine getirilir. Üç işlem aynı makinenin bünyesinde toplanacağı gibi teker teker veya ikili kombinezonlar halinde bulunabilir. Bir malzeme, mal veya ürünün bir yerden başka bir yere taşınmasına kısaca "endüstriyel taşıma" denir. Bu taşıma işlevi, kaldırma ve taşıma makineleri adı verilen transport makineleri ile sağlanır.(Öztepe 1999)

Endüstriyel ekonomide malzeme taşımalarının önemi büyüktür. Düzenlenmiş bir taşıma sisteminden yoksun (fabrika, maden ocağı, atölye, liman gibi) herhangi bir endüstriyel tesis veya işletme düşünülemez. Bir ürün elde etmek amacıyla tesis içerisine taşınacak her türlü malzemenin, iletilmesi veya üretilmiş ürünlerin ekonomik olarak taşınması, taşıma sistemlerinin doğru ve isabetli seçimine bağlıdır (Imrak ve Gerdemeli, 2010).

Endüstriyel faaliyetlerin tümünde, keza günlük yaşamımızın önemli bir bölümünde gerek insanların gerekse ham, yarı mamul ve mamul malların kaldırılması, bir yerden başka bir yere taşınması ve depolanması her an önümüze çıkan önemli bir problem teşkil eder. Ulusal ve uluslararası rekabetin artması nedeniyle taşıma sistemlerinin kapasiteleri ve çalışma hızları

da artmaktadır. Maliyetlerin düşürülmesi açısından taşıma sistemlerinin verimleri sürekli iyileştirilmektedir. Malların yer değiştirmesi işletme içinde olabileceği gibi işletmeler, şehirler hatta ülkeler arasında da olabilir (Imrak ve Gerdemeli, 2010).

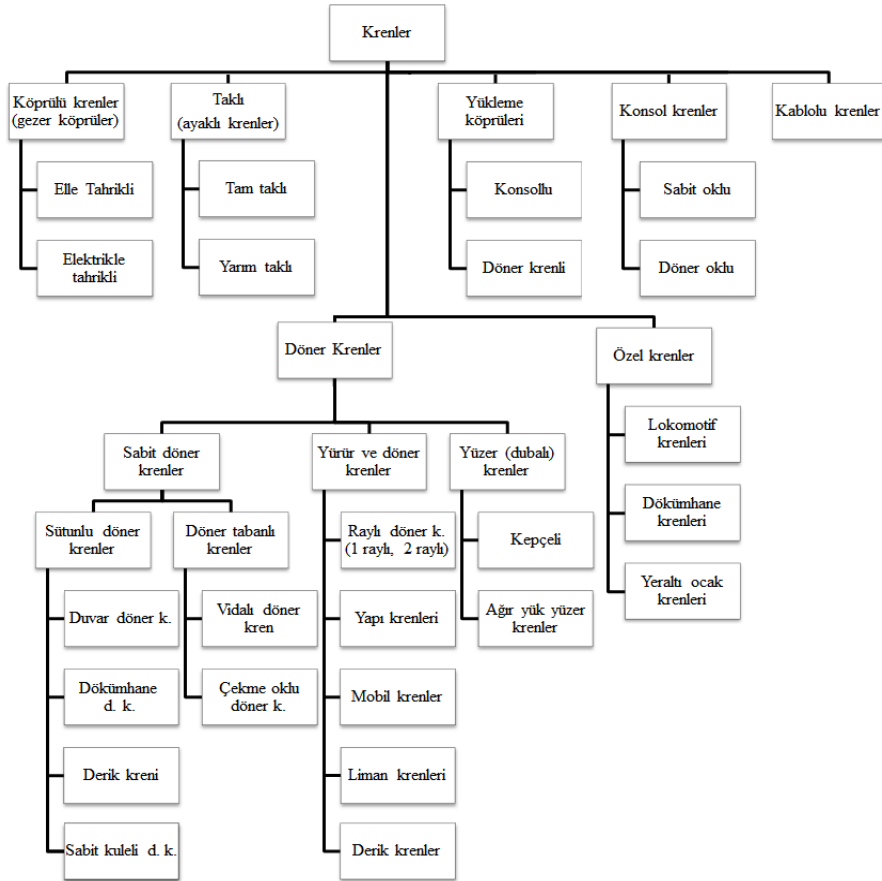
Endüstriyel taşıma faaliyetleri genel olarak herhangi bir malzemenin, malın veya ürünün bir yerden başka bir yere taşınması olarak tanımlanabilir. Taşıma işlemlerinde mevzu bahis yük gerektiğinde insan da olabilmektedir. Bu işlevleri yerine getiren araçlara “kaldırma ve taşıma makinaları” veya “transport makinaları” denir (Kayaoğlu 2009).

Endüstride, taşıma sistemleri iyi planlanmamış bir tesisin işletilmesi oldukça zordur. Bir ürün elde edebilmek için kullanılan malzemenin ve araç gereçlerin alan içi ve dış, ekonomik ve güvenilir bir şekilde nakli büyük önem arz etmektedir. Bu sistemlerin kullanıldığı alanlar çeşitlilik göstermektedir. Özellikle makina üretim sanayi, limanlar, tersaneler, inşaat şantiyeleri, depolar, fabrikalar gibi tesislerde ve alanlarda kullanılan bu makinalar kullanım yerlerine göre de adlandırılmaktadırlar. Özellikle tesise dışarıdan getirilen ve üretimin temel elemanı olan ham maddeler, makinalar, yarı mamuller ile tesisten dışarı taşınan, son kullanıcıya ulaştırılacak ürünler, depolanmak veya arıtmak için tesisten uzaklaştırılan atıklar için kullanılan sistemler “dış taşıma sistemleri” olarak adlandırılır. Dış taşıma genelde bilindiği üzere kara, deniz ve hava taşıtları ile gerçekleştirilebileceği gibi kömür ham maddesi ile elektrik üreten santraller gibi tesislerde bantlı konveyörlerle de sağlanabilir. Yine bu taşıma araçlarına da gerekli malzemelerin yüklenmesi ve boşaltılması için de “kaldırma makinaları” kullanılır. Üretim tesisleri içine alınmış malzeme ve malların birimler arası taşınma ve dağıtım gibi işlemlerinde kullanılan araçların tümüne de “iç taşıma sistemleri” denir. Taşınacak olan malzemelerin boyutları, ağırlıkları, cinsi ve mekanik özellikleri gibi unsurlar seçilecek olan kaldırma ve/veya taşıma makinasının belirlenmesinde önemli etkenlerdir. Kaldırma ve taşıma makinaları “kesikli çalışma” ve “sürekli çalışma” durumlarına göre ayrılırlar. Kesikli çalışmada söz konusu hareket periyodik olarak yapılır. Sistem taşınmak istenen malı belli bir döngüde “durma”, “hızlanma”, “düzgün hareket” ve “yavaşlama” aşamaları ile ilerletir. Döngü tamamlandığında makina tekrar aynı harekete başlar. Sürekli transport makinalarında ise hareket kesintisizdir. Kesikli çalışan transport makinalarına “kaldırma makinaları”; sürekli çalışan transport makinalarına ise “taşıma makinaları” denir (Candaş, 2013).

Yükleri sadece kaldıran kriko, palanga ve vinç basit kaldırma makinalarına örnek gösterilebilir. Vinç sözcüğü günlük konuşma dilinde kren kelimesi yerine sık sık, yanlış olarak kullanılmaktadır. Vinçler yükleri sadece kaldırmaya ve tek bir yöne çekmeye yarayan

kaldırma makinalarıdır. Bir vinç yük tutma elemanı, çekme elemanı (tel halat veya zincir), dişli çarklar ve tamburdan oluşur. Vincin tek eksenli hareketine karşılık krenler üzerinde vinç donanımı bulunan mekanizmalar olmalarıyla beraber dönme ve öteleme hareketlerini de yapabilirler. Böylece krenler üç eksende hareket kabiliyetine sahip olan sistemler olarak, atölye, fabrika, şantiye, depo, ambar gibi ortamlarda oldukça kullanışlı olabilmektedirler (Candaş, 2013).

Kaldırma makinalarının seçiminde ve sınıflandırılmasında taşınacak kütlelerin büyüklüğü, türü, taşıma mesafesi ve makinanın kurulduğu veya inşa edildiği ortam önem göstermektedir. Bu nedenle krenler için tam bir sınıflandırma yapmak zordur (Şekil 1.1). Krenler kesikli çalışan transport makinalarıdır.



Şekil 1.1. Krenlerin sınıflandırılması (Kayaoğlu 2009)

Bir fabrika da ürün haline dönüştürmek üzere, işlenmemiş malzemeler veya yarı mamul malzemeleri fabrikaya kadar taşıyarak içeriye almak ve bunları ürün haline getirmek için düzenli bir halde üretim birimlerine dağıtmak ve son ürünleri depolamak



ve tüketiciye ulaştırmak üzere fabrika dışına taşımak ve fabrika üretim artıklarını da uzaklaştırmak için planlanmış dış ve iç taşıma sistemlerine ihtiyaç vardır. Bu nedenle kısaca transport diye adlandırılan işler iki gruba ayrılmaktadır:

I.) Uzak mesafe transport işleri (Dış transport)

II.) Yakın mesafe transport işleri (İ transport)

Bu ayrıma rağmen ulaştırma araçlarının yüklenmesi ve boşaltılması işlerinde transport makinelerinin önemli bir rol oynaması, bantlı konveyörler veya halatlı havai hatlarla malların kilometrelerce uzaklıklara iletilmesi dikkate alındığında, yakın ve uzak mesafe transportun ne kadar iç içe olduğu ve birbirilerini tamamladıkları gerçeği ortaya çıkar.

Modern bir endüstriyel işletmede, önceden düzenlenmiş bir **dış taşıma** ve **i taşıma** program ve uygulamaları ile sürekli üretim akımı ve üretim işlemleri arasında bir uyum gerçekleştirerek, zaman ve enerji tasarrufu sağladığından üretimin artması ve üretim kalitesinde iyileşme olur.

## 1.2 Dış Taşıma

İşlenecek malzemeler (ham madde) ve yarı işlenmiş ürünler ile yardımcı maddelerin fabrika, atölye gibi üretim tesislerine getirilmesi, üretim artıklarının atılması ve imal edilen son ürünlerin tesislerden çıkarılması işlevine dış taşıma denir.

Dış taşıma, karadan (kamyon, demiryolu gibi) denizden (gemilerle), havadan da (uçaklar) gibi taşıma araçları ile sağlanır ve uzun mesafeler için taşıma aracı olarak kullanılır. Bu genel taşıma araçlarına malların yüklenebilmesi ve boşaltılması için de, malın cins ve ağırlığına bağlı olarak kaldırma makineleri adı verilen bir grup transport makinelerine ihtiyaç vardır. Bu makineleri farklı tiplerde lojistik merkezlerde, havaalanlarında, demiryolu istasyonlarında ve limanlarda görebiliriz.

Uzak mesafe transport işleri ulaştırma araçları ile yapılır. Bunlar karada karayolu ve demiryolu taşıtları; denizde gemiler; havada uçak ve helikopter gibi araçlardır. Bu tür araçlarla yapılan taşıma konularımız dışında kalmaktadır (Imrak ve Gerdemeli, 2010).

## 1.2 İç Taşıma

Üretim tesisine (örneğin fabrika içerisine) alınmış olan malzeme ve malların ambarlara ve üretim birimlerine dağıtımını ve üretim sürecinde birim içi hareketlerin sağlanması son ürünler ile üretim artıklarının tesis içinde belirli yerlere taşınması gibi işlemlere iç taşıma denir. Üretim tesisi içerisinde, malzeme ve malların cinsi, ağırlığı gibi fiziksel ve mekanik özelliklerine ve ayrıca bunların kesikli ve sürekli taşınması konumlarına bağlı olarak, her türlü kaldırma ve taşıma makineleri iç taşımada kullanılır.

Yüklerin kaldırılması ve taşıma araç veya tesisleriyle (transport makineleri ile) yakın mesafelere taşınmasına yakın mesafe transport işleri denilmektedir (Imrak ve Gerdemeli, 2010).

## 1.4 Transport Makinelerinin Sınıflandırılması

Kaldırma ve taşıma makinelerinin çalışma ilkeleri, tasarım özellikleri ile taşınacak malzeme veya malların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin büyük çeşitlilikler göstermeleri “kaldırma ve taşıma makinelerinin” genel bir sınıflandırılmasının yapılmasını hemen hemen olanaksızlaştırır.

Ağır bir parçanın kaldırılarak belirli mesafeler içerisinde taşınması veya dökme bir malın örneğin tahılın silolara doldurulması çok ayrı özellikler gösterir. Ayrıca teleferik, asansör gibi taşıyıcılarla yük ve insan taşınması da göz önüne alındığında kaldırma ve taşıma makinelerinin çeşitliliği ve bunların da sınıflandırılmasının zorluğu ortaya çıkar.

Genellikle “kaldırma ve taşıma makinelerini” çalışma ilkelerini göz önüne alarak, “Kesikli taşıyıcılar” ile “Sürekli taşıyıcılar” olarak iki büyük grupta toplamak mümkündür. “Kesikli taşıyıcılar” genellikle “kaldırma makineleri” olarak adlandırılmakta; “sürekli taşıyıcılar” ise “konveyörler” veya kısaca “taşıyıcılar” olarak adlandırılmaktadır.

Kesikli taşıyıcıları yani kaldırma makinelerini krikolar, palangalar, vinçler, krenler, asansörler ve zemin araçları olarak altı grup altında, sürekli taşıyıcıları (konveyörleri) ise, çekme elemanlı sürekli taşıyıcılar, çekme elemansız sürekli taşıyıcılar ve akışkan akımlı taşıyıcılar olarak üç grup altında sınıflandırılabilir. Farklı amaçlar için, çok değişik işlerde kullanılan kaldırma makinelerinin, büyük çeşitlilik göstermesinden dolayı genel bir sınıflandırma yapılması hemen hemen imkânsızdır. Kaldırma ve taşıma makineleri ile yapılan işlere örnekler şunlardır:

Yer üstü ve altındaki doğal kaynaklarda mevcut (kömür, kum ve petrol gibi) ham maddelerin çıkarılması, taşınması, temizlenmesi, tasnifi veya istifi işlemlerinde tamamen veya kısmen transport makineleri kullanılır. Endüstriyel tesislerde (kara, deniz ve hava taşıtları ile gelen) malı veya malzemeleri, “yükleme ve boşaltma” işlerinde ve endüstriyel tesislerde, ambarlarda ve diğer işletmelerde (ham, yarı işlenmiş ve tam-işlenmiş malzemenin) taşınması ve istifinde kullanılır. Endüstriyel işletmelerde ağır parçaların taşınması, tezgâhlara bağlanması ve işlendikten sonra tezgâhtan alınmasında kullanılır. Seri imalatta “malzeme akışının” ekonomik yarar getirecek şekilde düzenlenmesinde kullanılır. Büyük makine ve tesislerin montaj ve demontajında (takılıp, sökülmesinde) ve revizyon ve onarılmasında kullanılır. İnşaat şantiyelerinde malzemelerin çeşitli maksatlarla taşınmasında kullanılır. Bir taşıtın onarım amacı ile “kaldırıp indirilmesi (kriko ile kaldırma), Tane mal veya tozların borular içinde akışkanlarla taşınmasında kullanılır. Ergitilmiş metallerin “potalar” ile taşınarak döküm yapılması, İnsanların ve yüklerin asansörler, teleferikler veya çok katlı mağaza ve istasyonlarda yürüyen merdivenlerle taşınmasında kullanılır. Çeşitli konveyörler (bantlı, zincirli), elevatörler gibi taşıyıcılar ile mal ve malzemelerin taşınmasında kullanılır. (Esen2009)

#### **1.4.1 Kesikli taşıyıcılar**

Kesikli taşıyıcılar bir periyot (örn. bir çalışma günü) içinde devamlı çalıştırılmadan malların veya yüklerin taşınmasında ve kaldırılmasında kullanılan makinelerdir. Kesikli taşıyıcılar “kaldırma makineleri” olarak da tanımlanırlar. Bu makineler kaldırma ve taşıma işlemini tamamladıktan sonra durur ve bir sonraki işlem tekrarlanana kadar çalışmazlar.

Kaldırma makinelerine ve kullanım yerlerine ait örnekler aşağıda verilmiştir.

1. Kuru yük gemilerinde yükleme-boşaltma işlerinde kullanılan “borda krenleri” (konsol krenler),
2. Konteyner taşımacılığı yapan gemilerin limanlarda yükleme-boşaltma işlerinde kullanılan “konteyner krenleri” (kombine krenler),
3. Hububat, maden cevheri benzeri dökme mal taşıyan yük gemilerinin yükleme-boşaltma işlerinde kullanılan kepçeli veya kancalı “liman krenleri” veya “kombine krenler”,
4. Tahliye sandallarının indirilmesinde kullanılan “metaforalar”,
5. Gemilerde çapanın (demirin) indirilip-kaldırılmasında kullanılan “ırgatın vinçleri”,
6. Feribot ve yolcu gemilerinde kullanılan “insan asansörleri”,

7. Arabalı vapur ve feribot kapaklarının açılıp-kapanmasında kullanılan “vinç donanımları”,
8. Tersane ve doklarda gemi inşaası ve tamirinde kullanılan “tersane krenleri” (taklı krenler),
9. Ambarlarda, antrepolarda ve büyük yük gemilerinde yüklerin istiflenmesinde kullanılan “istif makineleri” (fork-liftler),
10. Gemi manevra ve yanaştırılmasında kullanılan “kabestan kafaları”,
11. Rıhtıma yanaşamayan büyük yük gemilerinin yüklenmesi-boşaltılması işlerinde ve kurtarma işlerinde kullanılan “maçunalar” (yüzer krenler)

Taşıyan kütlelerin, taşıma mesafelerinin ve taşıyan malzeme cinslerinin çok farklı olması nedeniyle kaldırma ve taşıma makineleri da çok çeşitlidir. Bu nedenle, konuyu sistematik olarak inceleyebilmek için bu makineler sınıflandırılırlar. Sınıflandırma, çeşitli şekillerde yapılabilirse de, çoğunlukla çalışma prensipleri esas alınarak gerçekleştirilir.

Sürekli transport makineleri bir periyod içinde sürekli olarak çalışan malların ve insanların bir yerden başka bir yere kısa veya uzun mesafede naklinde kullanılan makinelerdir. Sürekli taşıyıcılar “konveyörler” adı ile de anılmaktadır. Bu makineler taşıma ve iletme işlemini tamamladıktan sonra çalışmaya devam ederler. Bazı durumlarda belli bir peryoda bağlı olmaksızın durmadan çalışırlar (Imrak ve Gerdemeli, 2010).

### **1.5 Kren Çeşitleri ve Konstrüksiyonu**

Endüstride kullanılan krenlerin tasarımı standart tasarımların ötesinde müşteri ihtiyaçları ve koşullar göz önünde bulundurularak projelendirilir. Zaman içinde çeşitli kurumların oluşturdukları tasarım çerçeveleri olmasına karşın, değişen ortam koşulları ve istekler proje detaylarında yerel değişiklikleri beraberinde getirir. Bu bakımdan söz konusu imalat süreci çok değişkenli bir işlemdir. Kaldırma yükü, açıklık, çalışma hızı, kaldırma yüksekliği ve işletme şekline göre her proje kendine özgü bir hal almaktadır. Kren tipinin belirlenmesi için çalışma koşullarının iyi tespit edilmiş olması, nakliye ve montaj gibi etmenlerin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Oldukça büyük boyutlu bu tip konstrüksiyonların her defasında yeniden projelendirilmeleri, kendine özgü problemlerinin çözümü yüksek oranda deneyim ve öngörü ihtiyacı doğurmaktadır.

DIN 15001’e göre krenler bir taşıma elemanına asılı olan (genellikle halata) yükü kaldıran ve çeşitli yönlerde hareket ettiren kaldırma ve taşıma makineleridir. Kren çeşitleri arasında köprülü krenler, portal krenler, döner krenler ve kablolu krenler

sayılabilir.

### **1.5.1 Köprülü krenler**

Köprülü krenler, yükseğe yerleştirilmiş iki kren yolu arasında bir köprü konstrüksiyondan ibarettir. Yarı ağır ve ağır endüstriyle ilgili bütün fabrika, mağaza ve makine park salonlarında kullanılırlar. Kumanda, basit bir operatör kabininden olabileceği gibi, seyyar operatör kabininden, yerden veya uzaktan da olabilir. Köprülü kren tarafından gerçekleştirilmesi gereken hareketler şunlardır.

- 1- OZ eksenini boyunca düşey hareket, yani kaldırma ve indirme hareketi
- 2- OY eksenini boyunca yatay hareket, köprünün öteleme hareketi
- 3- OX eksenini boyunca yatay hareket, arabanın köprü üzerinde yaptığı öteleme hareketi.

Bu duruma göre, bir köprülü krende aşağıdaki mekanizmaların olması öngörülür.

- 1- Tamburlu kaldırma mekanizması
- 2- Araba öteleme mekanizması
- 3- Köprü yürütme mekanizması

Bir köprülü kren;

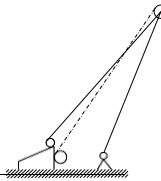
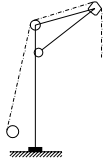
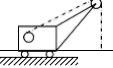
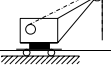
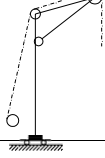
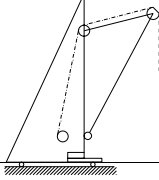
1. Taşınacak yükün maksimum değeri, yani kaldırma kabiliyeti
2. Köprü açıklığının ile karakterize edilir. Köprülü krenin asıl karakterleri bunlardır.

### **1.5.2 Portal krenler**

Portal krenler çoğu kez “liman krenleri” veya “sehpalı krenler” olarak da anılır. Limanlarda, tersanelerde ve depolarda geniş çapta kullanma alanları bulurlar. Kafes kiriş sistemi veya levhalı kiriş sistemi kullanılması mümkündür. Genellikle raylar üzerinde hareket ettirilmelerine rağmen, küçük ve orta ağırlıkta yükler için lastik yürüme elemanlarında kullanılabilir. Bu tip krenlerin son zamanlarda imali ve kullanma alanları büyük gelişmeler göstermiştir. Taşıma kuvveti 800 tona kadar, açıklık ise 120 m’ye kadar yükselebilir.

### **1.5.2 Oklu krenler**

Oklu krenler, liman ve şantiyelerde önemli görev üstlenen ve çok kullanılan kaldırma makineleri arasındadır. Genellikle ok adı verilen kiriş, uçlarından birisi aracılığı ile düşey bir eksen etrafında dönme hareketi yapar. Kanca bloğu, okun serbest olan öteki ucu tarafından taşınır.

Oklu Krenler ve Döner Krenler				
Sabit	Oklu Sabit Kren	Döner Krenler	Döner Kuleli Krenler	Dayaklı Krenler
				
Ray Üzerinde	Oklu Raylı Kren	Raylı Döner Kren	Raylı Döner Kuleli Kren	Raylı Dayaklı Kren
				

Şekil 1.2 Oklu kren uygulamaları. (Öztepe 1999)

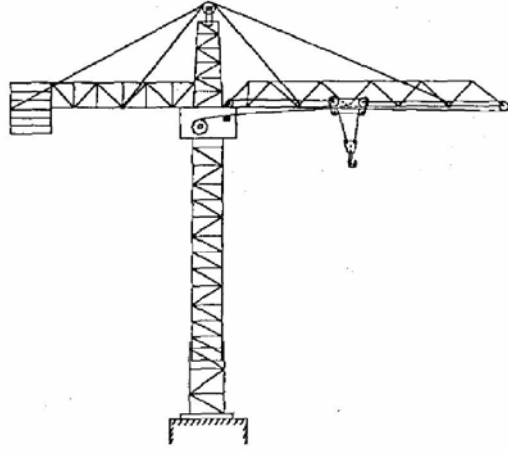
#### 1.5.4 Kablolü krenler

Kablolu krenler, üzerinde arabanın hareket ettiği bir veya daha fazla tel halatlı (taşımaya halatlı) krenlerdir. Şantiyelerde ve büyük depolarda çokça kullanılır. Açıklık 1000 m'ye kadar yükselebilir. Halatlar iki devrilebilir (sabit, hareketli veya dönebilir) kule arasına gerilmiştir

Taşıma halatları olarak yarı veya tam kapalı spiral halatlar kullanılır. Arabanın hareketi çekme halatı üzerinde olurken, yük de kaldırma halatına asılır. Araba çoğu kez, içinde tekerleklerin ve halat makaralarının (kaldırma halatı makaraları) yataklandığı bir kafes kiriş sisteminden ibarettir. Tekerlek adedi, tekerlek yükünün halat çekme kuvvetine oranının 1/50 değerini aşmayacak şekilde seçilmelidir.

#### 1.5.5 Döner kuleli krenler

İnşaatlarda kullanılan bu döner kuleli krenler sabit ayaklı ve raylı olarak yapılabilmektedir. Döner kuleli krenlerde de dengeleme problemi ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 1.3.** Kuleli inşaat kreni (Öztepe 1999)

Bu tip krenlerde arabanın yürüdüğü kolun karşı kolunun en uç noktasına karşı ağırlık konur ve ayrıca belirlenmiş noktalardan halatlarla sabitlenir. Burada kullanılan kuleli krenlerin hesabına rüzgâr etkisi, kar kütesinin kren üzerinde dağılımı, krenin dönmesi sırasında oluşan atalet kuvvetleri hesaba katılarak dengelenmenin yapılması düşünülmelidir.

Genelde kullanımda olan jib kren türleri üç grupta toplanabilir. Vinç kolu elemanının yatay pozisyonda sabit veya uç noktası kule yönünde biraz yukarı kaldırılmış olan tipe “saddle” veya “hammerhead” denmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere kancanın bağlı olduğu vinç mekanizması vinç kolu boyu boyunca ileri geri hareket edebilir; böylece kanca yarıçapı değiştirilebilir hale gelmektedir. Yarıçapı değiştirmek için kullanılan sistemin tahriki bağımsız bir vinç ve halat mekanizması ile sağlanmaktadır. Diğer vinç ise aynı zamanda karşı ağırlık olarak da kullanılmaktadır ve vinç kolunun ters tarafına yerleştirilmiştir. Yabancı literatürde bu yerleşim odasına “counterweight jib” veya basitçe “counter jib” denmektedir. Bu kısmın görevi ana yükü taşımak ve gereken gücü sağlamaktır.

Jib krenlerde bulunan vinç mekanizmasında aşırı yük uyarısı veren ve sistemin çalışmasını durduran mekanizmalar bulunmaktadır. Planlanan kapasiteden fazla yük kaldırılmaya çalışıldığında yük ölçme sistemi ağırlıkları tartmakta ve aşırı yük uyarısını vinç operatörüne iletmektedir. Böylece krenin izin verilen sınırlar dışında yük kaldırması engellenmektedir.

Bu tip krenlerin tasarım koşulları gereği, kule yüksek oranda eğilme momentine maruz kalmaktadır. Özellikle kulenin zemin ile temasını sağlayan “ayak” elemanlarında dönüş yönüne bağlı olarak büyük çekme ve basma gerilmeleri meydana gelmektedir. Aynı şekilde

bir diğerk kritik nokta ise krende kullanılan bağlama elemanlarıdır. Özellikle cıvataların yüksek dayanımlı seçilmesi, sıkılma miktarlarının iyi ayarlanması ve kontrol altında tutulması önemlidir. Montaj aşamasında iyi bağlanmamış cıvataların zarar görmesi sistemde ciddi hasarlara yol açabilir. Günümüzde bu sorunun önüne geçebilmek için cıvataya alternatif olarak kullanılacak yeni bağlantı türleri geliştirilmektedir. (Shapiro ve ark.1999)

Bir diğerk tip jib kren ise “luffing jibs (inşaat kreni)” olarak anılır. Bu tipte ise kule döner bir platformun üzerine inşa edilir. Söz konusu platform aynı zamanda güç odasını ve karşı ağırlıkları taşır.



**Şekil 1.4.** İnşaat kreni (Shapiro ve ark.1999)

Vinç kolunun orta kısımlarındaki mafsal mekanizması nedeniyle bu ismi almış olan tip çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Kule yapısı olarak “saddle jib” tipiyle aynı yapı üzerine inşa edilebilirler. Bu tipin avantajı sert rüzgârlara karşı; servis dışı olduğu zamanlarda azaltılabilen vinç kolu yarıçapı nedeniyle daha kolay korunaklı hale getirilebilmesidir.





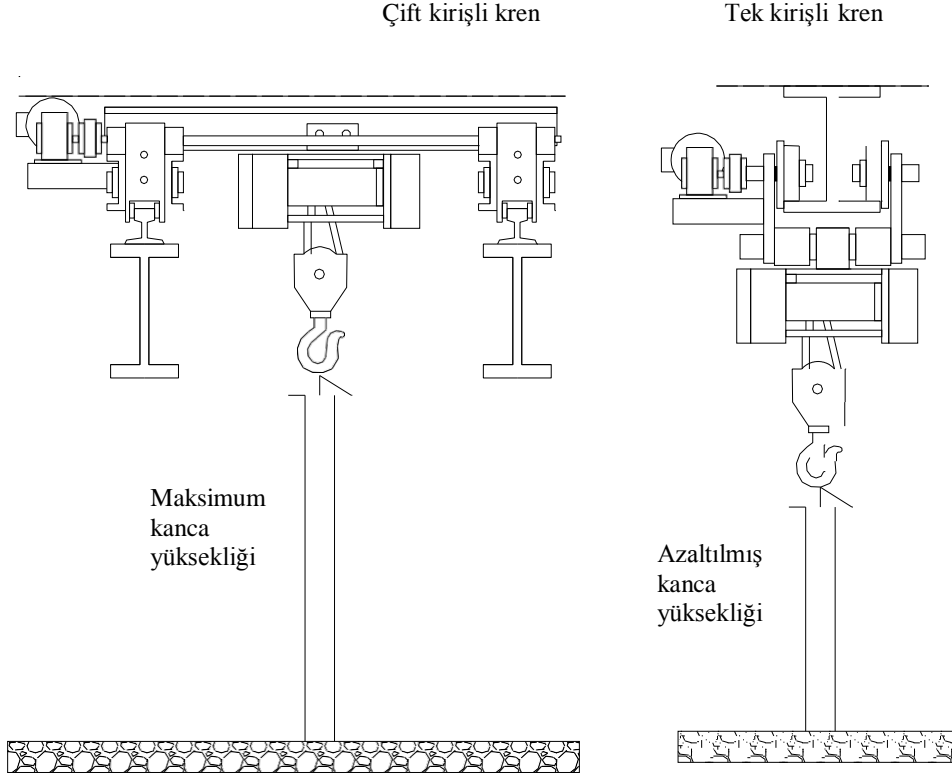
Şekil 1.5. Açık deniz petrol platformu jib kreni (Anonim 2016)

Klasik tipteki kule vinçlerle benzer özellikler taşımakla beraber bahsedilen üç tipten ilki ile yüksek benzerlikler göstermektedir. Benzer tasarıma sahip olan jib krenin vinç kolu tasarımı ve güç odası yerleşimi ilk modelde anlatıldığı gibidir. Farklılık gösterdiği noktaların başında kule kısmı yer almaktadır. Kullanılan krenin ağırlığını bir platform üzerine yerleştirilmiş dört tane ayak taşımaktadır. Bu platformun üzerine açılan vida delikleri ile ayaklar sabitlenmiştir. Bununla beraber ayaklara dikey; platforma paralel pozisyonda yerleştirilmiş hidrolik sistemler aracılığıyla sistem tek yönde hareket edebilme yeteneğine sahiptir. Cıvataların çözülüp, hidrolik mekanizma çalıştırılmasıyla kren Şekil 1.5’de görülen vinç kolu doğrultusunda bir hareket yapılabilmektedir.

Bu ayakların bağı olduğu üst platform “pedestal” adı verilen ve ilk modelde anlatılmış olan “kule” kısmıyla aynı vazifeyi gören kısmı taşımaktadır. Bu silindirik yapı, üst platforma sabitlenmiş haldedir ve krenin ana gövdesini oluşturmaktadır. Pedestal herhangi bir yönde hareket serbestliğine sahip değildir. Krenin karşı ağırlığını oluşturan güç odası ve tahrik sistemi pedestala dişli mekanizmaları ile bağlanmıştır. Bu bağlantı ile vinç kolu, güç odası, tahrik mekanizmaları ve operatör kabini pedestal etrafında 260<sup>0</sup> dönebilmektedir. Silindirik yapının içindeki boşluk kulenin tepesine tırmanmak için kullanılan merdiven için yer teşkil etmiştir. Pedestalın iç kısmı aynı zamanda kablolama için de kullanılmıştır. Vinç kolunun uç noktasına sabitlenmiş makaralar ile yük taşıyıcı halatlar her zaman vinç kolunun en uç noktasından bağlanmaktadır. 27 m. uzunluğundaki kolun dikey eksenindeki hareket kabiliyeti istenilen yarıçapta yük taşınmasına olanak sağlamaktadır. Bu tür krenlerin açık denizde ve petrol platformları üzerinde çalışacak olmaları ex- proof olarak inşa edilmelerini gerektirmektedir. Söz konusu ortam koşulları gereği açık denizlerdeki rüzgâr hızları iyi tahlil edilmeli ve tasarım aşamasında buna dikkat edilmelidir.

### **1.5.6 Tek ve çift kirişli krenler**

Tek ve çift kirişli krenlerin temel farkı kancanın yerden yüksekliğidir. Kanca Yüksekliği krenin yükü yer seviyesinden ne kadar yukarıya kaldırabileceğini belirler. Çift kirişli krenler daha yüksek kanca yüksekliğine sahip olup, tek kirişli krene göre aynı ortamda daha yükseğe yük kaldırma avantajına sahiptirler. Çünkü çift kirişli krenlerde araba kirişlerin üzerinde ve kaldırma sistemi iki kirişin arasına yerleştirildiğinden kirişlerin yüksekliği kadar yer kazanılmış olunur. Tek kirişli krenlerde araba ve kaldırma sistemi kirişin altına yerleştirildiğinden kanca yüksekliği düşük olur. Bazı tek kirişli krenlerde araba tekerlekleri konstrüktif olarak kirişin üzerinde olsa bile kaldırma sistemi kirişin altında olmak zorundadır. Tek kirişli krenler monoray da olduğu gibi sabit kirişli veya hareketli kirişli olabilir.



**Şekil 1.6.** Tek ve çift kirişli köprülü kren. (Esen2009)

Bununla birlikte Tek kirişli krenlerin tek kirişli olmasından dolayı krenin ölü ağırlığı düşük, araba sistemi basit, montajı hızlı, taşıma ve üretim maliyeti düşüktür. Tek kirişli krenin kurulacağı tesiste kirişin hafifliğinden dolayı daha ekonomik yürüme yolu ve taşıma kolonlarına ihtiyaç duyar. Bütün krenler tek kirişli yapılamaz uygulamada kaldırma kapasitesi 100 tonun üzerinde ve köprü açıklığı 20 m olarak yapılabilmesine karşın maliyet etkin mühendislik açısından aşağıdaki çizelgedeki değerlerde yapılması uygun görülmektedir.

**Çizelge 1.1 .** Maliyet Etkin Tek Kirişli Krenler (Esen2009)

Kapasite (ton)	Maksimum Kiriş Açıklığı (m)
0-7.5	25
10	22
15	20
20	18
25	16
20	15

## 1.6 Hidrolik Sistemler

### 1.6.1 Hidrolik sistem elemanları

Hidrolik, Yunanca su anlamına gelen hydro ile boru anlamına gelen aulos kelimelerinden türetilmiştir.

Günümüzde “hidrolik” akışkanlar aracılığıyla kuvvet ve hareketlerin iletimi ve kumandası anlamında kullanılmaktadır. Hidrolik, enerji iletimi için sıvıların kullanılmasıdır. Bazen “akışkan gücü” olarak da adlandırılır.



Şekil 1.7. Hidrolik sistem elemanları (Hidrosam 2006)

Hidroliklerde ve yağlayıcıların teknolojisindeki gelişmeler yeni katıkların kullanılarak, köpüklenmenin azaltılması, yük taşıma kapasitesinin artırılması, aşınma önleyici özelliklerin geliştirilmesi, akma noktasının düşürülmesi ve viskozite endeksinin geliştirilmesine olanak tanımış olup hidrolik sistemler temelde iki şekilde çalışır.

Hidrokinetik sistemlerde, enerji sıvının hareketi sayesinde aktarılır. İkinci olarak hidrostatik sistemlerde, enerji az çok durgun kalan bir sıvının içerisinde basınç aktarımı ile transfer edilir.

Birçok endüstriyel hidrolik sistemlerde hidrolik sıvının da bir miktar hareketi vardır, kesin konuşmak gerekirse, bu sistemler hidrodinamik olarak adlandırılır. Bununla birlikte

sıvının hareket hızı genelde düşük olduğundan endüstriyel akışkanlı güç iletim sistemleri genellikle hidrostatik olarak tanımlanırlar. Bu sunuşta hidrolik sistem olarak düşünülecek sistemler bir sıvıya basıncın uygulandığı ve sıvı tarafından aktarılarak mekanik işe dönüştürüldüğü sistemlerdir (Karacan 2002).

**Çizelge 1.2.** Hidrolik-pnömatik ve elektrik enerjilerinin karşılaştırılması (Karacan 2002)

VERİLER	HİDROLİK	ELEKTRİK	PNOMATİK
Enerji iletimi	100 m kadar akışkan hızı $V=2-6$ m/s sinyal hızı 1000m/s	Sınırsız	1000 m kadar akışkan hızı $V=20-40$ m/s sinyal hızı 20-40 m/s
Enerji depolama	Sınırlı	Kolay	Kolay
Enerji maliyeti	Pahalı	Ucuz	Pahalı
Sıcaklık etkileşimi	Duyarlı	Etkilenmiyor	Duyarlı
Doğrusal hareket	Silindirde kolay, hız ayarlanabiliyor.	Zor	Silindirde kolay, hız ayarlanabiliyor.
Döner hareket	Güçlü	Güçlü	Güçsüz, yüksek devirli
Konumlama hassasiyeti	$\pm 1\mu\text{m}$ kadar ayarlanabilir.	$\pm 1\mu\text{m}$ kadar ayarlanabilir.	1/10 mm kadar ayarlanabilir.
Kuvvetler	Aşırı yüke karşı emniyetli yüksek kuvvetler elde edilebilir.	Aşırı yüklenemez yüksek kuvvetler elde edilebilir.	Aşırı yüke karşı emniyetli, sınırlı kuvvetler elde edilebilir.
Çalışma hızı	$V=0,5$ m/s	-	$V=1,5$ m/s

Hidrolik akışkanlar, hidrolik gücün iletilmesinde kullanılır. İlaveten de hidrolik devre elemanlarının yağlanması ve soğutulmasını sağlar. Hidrolik akışkan olarak suyun kullanılmasında korozyon, kaynama noktası, donma noktası ve düşük viskozite gibi sorunlarla

karşılaşılır. Bu sorunları ortadan kaldırmak için bazı karışımlar (yağ, glikol gibi) eklenir. Madenî yağlar, en çok kullanılan akışkandır. İçerisine katkı maddeleri eklenerek dayanıklılığı ve kullanım süresi artırılır.

### **1.6.5 Hidrolik sistemlerin kullanım yerleri**

Hidrolik sistemler, avantajları sebebiyle geniş bir kullanım alanı bulurlar. Önemli uygulamalar şunlardır:

- İmalatlarda presler, ağır makineler,robotlar, plastik enjeksiyon makineleri.
- Hammadde Endüstrilerinde madencilik endüstrisi, köprü kumanda mekanizmaları, barajlar.
- Hareketli Ekipmanlarda ekskavatörler ve kreynerler, konstrüksiyon ekipmanı, uzun yol taşımacılığı araçları, tarımsal makineler, uçaklar, gemiler.

#### **1.6.5.1 Hidrolik sıvılar ve güç aktarımı**

Hidrolik sıvılar gücü aktarım sistemi korularlar ve bununla birlikte operasyon koşulları ile baş ederler. Bir hidrolik sistemde gücün etkin bir şekilde iletimi aşağıdaki özelliklere sahip bir sıvı ile gerçekleşir.

1. Düşük Sıkıştırılabilirlik; böylece basınç ve diğer anlamda güç derhal ve verimli olarak iletilebilir;
2. İyi, Havayı Uzaklaştırma Özellikleri; böylece sıvı içerisinde kalan hava kabarcıkları nedeniyle sıkıştırılabilirlik artmayacaktır;
3. İyi, Köpüklenmeyi Önleyici Özellikler; böylece köpük hidrolik sisteme girmez;
4. Uygun Viskozite; böylece sistemde rahatça dolaşırken aynı zamanda gerekli yağlamayı yapacak şekilde viskoz olacaktır.

#### **1.6.5.2 Sıvı içerisinde kalan hava ve sıkıştırılabilirlik**

Tipik bir mineral yağ normal sıcaklıklarda havayla temas ettiğinde %8-9 oranında çözünmüş hava barındırır. Normal çalışma şartlarında bu çözünmüş havanın sıkıştırılabilirlik üzerinde ölçülebilir bir etkisi yoktur. Bununla birlikte, örneğin; pompanın emme kısmında bir sızıntı varsa hava hidrolik sıvıda kabarcıklar şeklinde belirebilir. Bu şekilde sıvı içerisinde hapsolmüş kabarcıklara sıvı içerisinde kalan hava denir. Çok küçük bir miktarda hapsolmüş hava bile hidrolik sıvıyı çok daha sıkıştırılabilir hale getirir ve hidrolik sistemin özelliklerini belirgin şekilde etkiler. Düzensiz ve sarsıntılı çalışma yaratır ve hava kabarcıklarının sıkıştırılmalarına bağlı olarak aşırı ısınma yaratır. (Kartal 1994)



Şekil 1.8. Bulk modülü diagramı (Karacan 2002)

### 1.6.5.3 Köpüklenme

İçerisinde hapsolmuş hava bulunan hidrolik sıvı sistem rezervuarına döndüğünde, hava kabarcıkları yüzeye ilerledikçe köpüklenme eğilimi görülür. Eğer köpük hidrolik devre içerisine girerse devrenin verimliliği ciddi şekilde düşer çünkü köpük hidrolik sıvı olarak etkisizdir. Buna ek olarak sistem parçaları da hasarlanabilir çünkü köpük sürekli bir yağ filmine oranla çok daha az etkili bir yağlayıcıdır.

Aşırı miktarda köpüklenme ayrıca rezervuardan hidrolik sıvı kaybına da neden olur. Bu nedenle bir hidrolik sıvıda iyi köpük-önleyici özellikler olması istenir. Eğer gerekirse köpük oluşumunu önlemek amacıyla köpük-önleyici katıklar katılabilir. Köpük-önleyici katıklar havanın uzaklaştırma hızını düşürebilirler bu nedenle doğru tipte ve miktarda katık seçmek çok önemlidir (Güven, 2001).

Pnömatik sistemlerin tercih edilmesinin en büyük nedeni diğer hidrolik ve elektrik hareket sistemlerine göre çok yüksek hızlara ulaşabilmeleridir. Böylece düşük verimlerini (%25-%40) hızlarıyla kapatırlar (Anonim, 2016).

### 1.6.6 Hidrolik sıvılar ve sistemin korunması

Güç aktarımı yeteneklerinin yanı sıra mineral yağlar aşağıdaki nedenlerden ötürü hidrolik sistemler için ideal sıvılardır. Yağlama; devre içerisindeki hareketli parçaları yağlarlar: pompalar, motorlar, valfler; bu ise uygun akış karakteristiklerine ve aşınma önleyici özelliklere

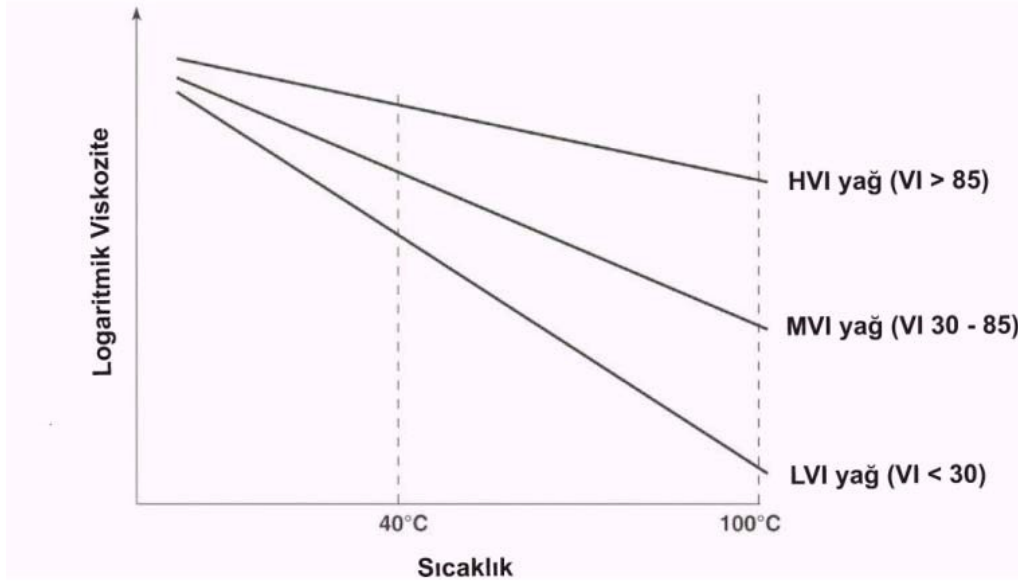
sahip bir yağ gerektirir. Soğutma sistemde oluşan ısıyı dağıtır; burada viskozite önemli bir kriterdir. Koruma sistemi korozyondan korur, pompalar, motorlar ve valfler gibi hareketli parçaları aşınmadan korur. Sistemin yağlanması gözönünde bulundurulduğunda bir hidrolik yağın en önemli özelliği onun viskozitesidir. Yağın viskozitesi aşağıdakileri karşılayacak kadar yüksek olmalıdır: Sistem parçalarını, özellikle pompayı yağlayacak verimde olmalıdır, Pompaların, motorların ve valflerin çalışma toleransları arasından sızıntıyı engelleyecek şekilde etkili sızdırmazlık elemanı olmalıdır. Yağın viskozitesi hidrolik devre içerisinde serbestçe akacak kadar ve etkili bir soğutma sağlayacak kadar düşük olmalıdır.

Viskozitenin sıcaklık ve basınçla değişmesi nedeniyle bir hidrolik sıvının viskozitesi ile ilgili gereksinimler karmaşılaşır. Sıcaklıkla bir yağın viskozitesindeki değişim, yağın *viskozite indeksine* bağlıdır. Yüksek viskozite indeksli bir yağ sıcaklığın yükselmesi ile daha düşük viskozite indeksli bir sıvıya göre viskozitesinde daha az bir değişim gösterir. Bir sıvının viskozite indeksi sıvının kullanıldığı hidrolik sistemin çalışma sıcaklığı aralığı gözönünde bulundurularak yeterince yüksek seçilmelidir. Sıvı en yüksek çalışması sıcaklıklarında dahi yağlama özelliğini yerine getirirken, en düşük çalışma sıcaklıklarında da rahatça akabilmeli ve soğukta özellikle ilk çalışmalarda zorluk çıkarmamalıdır. Birçok sıvı 100 civarında viskozite indeksine sahiptir, fakat çok büyük çalışma sıcaklığı değişimlerinin yaşandığı havacılık gibi alanlarda 150 ve daha üzerinde viskozite indekslerine ihtiyaç duyulur. Hidrolik yağlarda viskozite indeksi arttırıcılar katık olarak kullanılabilir. Bunlar dikkatlice seçilmelidir, çünkü yağın fiziksel kararlılığını etkileyebilirler (Güven, 2001).

Akma noktası bir mineral yağın aktığı en düşük sıcaklıktır. Çoğu mineral yağda bir miktar çözünmüş wax bulunur. Yağ soğutulurken wax katı kristal bir yapı oluşturarak kalan sıvının akmasını önler. Bir hidrolik sıvının çalışması beklenen sıcaklıktan en az 10 °C daha düşük bir akma noktası olmalıdır. Mineral yağlara akma noktası düşürücü katıklar ilave edilebilir.

Basınçta bir artış viskozitede bir artışa yol açar. Tipik bir mineral yağın viskozitesi basıncı atmosferik basınçtan 250 bar'a çıkarıldığında iki kat artar. Birçok endüstriyel sistemin çalıştığı bağıl olarak daha düşük basınçlarda viskozite üzerinde basıncın etkisi belirgin değildir.





Şekil 1.9. Sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisi (Güven 2001)

Yük taşıma kapasitelerini arttırmak üzere birçok mineral yağın formülasyonlarında aşınma önleyici katıklar bulunmaktadır.Çinko tipi katıklar yüksek sıcaklıklarda metal yüzeylerin birbirine sürtünmesini koruyucu bir film tabakası oluşturarak engellerler. EP (Aşırı basınç) katıkları yüksek sıcaklıklarda metal yüzeylerle kimyasal reaksiyona girerek kolayca parçalanan ve yağlayıcı görevi gören bir film oluştururlar.

Aşınma önleyici ve EP katıkları özellikle kanatlı pompalarda kanat uçlarının yüksek hızlarda ve ağır yüklerde pompa gövdesine ters yönde hareket ettikleri durumda aşınmanın azaltılmasında büyük önem taşırlar. Bu katıklar aynı zamanda dişli ve pistonlu pompaların çalışma ömürlerini uzatmak ve aşınmayı azaltmak için de faydalıdır. Bir hidrolik yağın aşınmayı önleyici özellikleri Vickers V104C Kanatlı Pompa Testi (IP 218) ile belirlenir. Bu testte sıvının performansı pompanın belirli koşullarda çalıştırılması ve daha sonra segmanı ve kanatlarında meydana gelen ağırlık kaybının ölçülmesi ile değerlendirilir. Standart testte pompa 140 bar'da ve 70 °C sıcaklıkta 250 saat çalıştırılır. İyi bir hidrolik yağda toplam ağırlık kaybı 20 mg.dan fazla olmaz. Düşük Yük Testinde pompa 70 °C sıcaklıkta 25 bar'da 250 saat boyunca çalıştırılır.

Bu test düşük yüklerde ne oranda aşınma önleyici performansına ihtiyaç duyulduğunu hesaba katar. Sıcak Deney Tesisatı (Hot Rig) Testinde pompa 1000 saat 140 bar'da ve 105 °C de çalıştırılır. Bu çok zorlu bir testtir ve pompayı çalışma esnasında görülen şartların dahi ötesinde test eder.

Hidrolik sıvılar çalışma esnasında istenilenleri karşılamak için aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdırlar:

1. Termal olarak kararlı olmalıdırlar aksi takdirde yüksek sıcaklıklarda özelliklerini kaybederler;
2. Oksidasyona karşı dayanıklı olmalıdırlar; bir hidrolik yağın çalışma ömrü yağın oksidasyona karşı dayanım gösterip bozulmamasına bağlıdır.
3. İyi, sudan ayrılma özelliklerine sahip olmalıdır; böylelikle suyla karışması engellenir.
4. İyi, filtre edilebilir olmalıdır; bu şekilde küçük parçacıklar kolaylıkla temizlenebilir.

Birçok hidrolik sistem yüksek sıcaklıklarda çalışmaya göre dizayn edilmişlerdir. Bu şekilde yüksek sıcaklıklarda çalışan sistemlerdeki sıvılar sıcaklık ile bozulmaya karşı dirençli olmalıdırlar. Bir yağ termal olarak bozulduğunda uygun şekilde yağlama özelliği ortadan kaybolur ve yağın bozulması ile ortaya çıkan parçacıklar çamur oluşumunu hızlandırır ve metal olan ve olmayan tüm parçaların paslanmasına yolaçar. Bir yağın termal kararlılığı 125<sup>0</sup>C de içinde çelik ve bakır çubuklar tutarak anlaşılır. 7 gün sonunda metal çubuklardaki ağırlık değişiklikleri not edilir ve yağ numunesindeki çamur kaydedilir. Mineral yağların okside olması çamur oluşumuna yolaçar; bu da valfler ve filtrelerde tıkanmaya sebep olur, korozyona ve lak oluşumuna yolaçar. Birçok hidrolik sistemde bulunan yüksek sıcaklıklar ve basınç oksidasyona sebep olur. Hidrolik yağlarda kirleticilerin; Örnek: su ve metal parçaların bulunması oksidasyonu körükler, çünkü bunlar mineral yağların özelliklerinin bozulmalarına yolaçan reaksiyonları tetiklerler.

Hidrolik yağlar oksidasyona karşı dirençli olmalıdırlar, bu nedenle normalde oksidasyonu engellemek ve çalışma ömrünü uzatmak için içlerinde oksidasyon önleyici katıklar bulunur. Oksidasyona dayanıklılık Türbin Yağı Kararlılık Testi (TOST) ile ölçülür. Bu testte normal hidrolik sistemlerden daha ağır koşullar bulunur. Bununla birlikte testte bir hidrolik yağı en fazla bozan faktörler gözönünde bulundurulur. Testte 200 ml.lik yağ numunesi ve 60 ml.lik su bir tüpe bakır ve çelik sarımlarla (katalizör görevi görürler) birlikte konur. Tüp 95 <sup>0</sup>C ye ısıtılır ve oksijen kontrollü bir hızda sıvının içerisine kabarcık halinde verilir. Çözeltinin asiditesi sürekli olarak gözetlenir. Yağın 2 mg. KOH/gr nötralizasyon numarasına ulaşması için geçen zaman TOST ömrü olarak belirlenir.

Buna ek olarak numune 1000 saat sonrasında çökelti oluşumu açısından veya yağda, suda, bakır ve çelikte görünümdeki değişiklikler açısından kontrol edilir. Hidrolik yağlar genellikle su ile kirlenirler, bunun nedeni suyun, sistem rezervuarında yağ boşalır ve dolarken

yoğuşmasıdır.

Suyun bu varlığı istenmez çünkü pompalar, valfler ve yataklarda korozyona neden olur. Aynı zamanda yağın yağlama özelliklerini belirgin şekilde etkiler. Bir çok hidrolik sistemin çalıştığı bağıl olarak düşük sıcaklıklarda ( $< 60^{\circ}\text{C}$ ) su yağdan buharlaşmaz. Bu nedenle hidrolik yağ suyu hızlı şekilde uzaklaştırma yeteneğine yani iyi sudan ayrılma özelliklerine sahip olmalıdır. Kirlenmemiş yağ daha sonra yeniden sirküle ettirilebilir.

Saf mineral yağlar suyu hızlı şekilde uzaklaştırırlar fakat bu mükemmel suyu uzaklaştırma özelliği pas, kir ve yağın bozulma ürünleri ile ters olarak etkilenir. Belli katıklar örneğin dispersanlar ve deterjanlar sudan ayrılmayı zorlaştırabilir. Bir yağın sudan ayrılma karakteristiklerinin değerlendirildiği standart test ASTM D 1401'dir. Bu testte 40 ml.lik bir yağ numunesi 40 ml. saf su ile 5 dk  $50^{\circ}\text{C}$ 'deki bir silindir içerisinde karıştırılır. Bu emülsiyonun ayrışması için geçen zaman kaydedilir. Eğer tam ayrışma 1 saat sonunda gerçekleşmezse yağ, su ve kalan emülsiyon hacimleri kaydedilir.

Hidrolik sistemlerde çıkan problemlerin önemli bir sebebi hidrolik sıvının kirlenmesidir. Bu nedenle bir çok hidrolik sistemde katı kirleticileri uzaklaştırmak için filtreler kullanılır. Bir hidrolik sıvı, filtreleri tıkamadan onlar içerisinden serbestçe geçmelidir. Bu sırada bünyesinde bulunan katı partiküllerin de tutulmasına olanak vermelidir. Shell filtrelenebilme için bir test geliştirmiştir. Bu testte 200 ml.lik bir hidrolik yağ numunesi 1,2m.lik bir membranlı filtreden bir vakumlu şişenin içerisine geçme zamanı ölçülür. Üç değişik numune ile ölçüm yapılır: Düz hidrolik yağ, hidrolik yağ ve % 0,1 su karışımı ve hidrolik yağ ile 20 ppm.( parts per million) kalsiyum içeren % 0,1 su karışımı. Test öncesinde her bir numune karıştırılır,  $70^{\circ}\text{C}$  ye ısıtılır ve 4 gün boyunca herhangi bir reaksiyonun oluşması için bekletilir. Daha sonra numuneler 2 gün boyunca soğutulur ve herhangi bir artık oluşumuna filtreleme yapılmadan önce izin verilir. (Güven 2001)

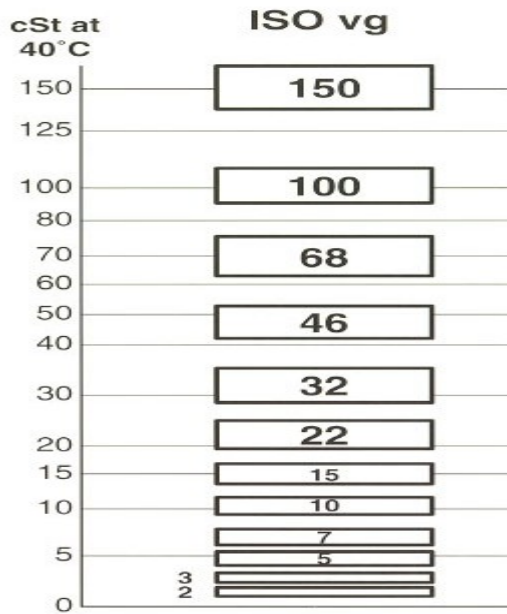
### **1.7 Hidrolik sistemlerin seçimi**

Bir hidrolik sıvının seçimini etkileyen ana faktörler; kullanılacak ekipmanın karakteri, ekipmanın kullanılacağı çevre, sağlık ve güvenlik kavramlarıdır. (Ekipman, Çevre, Sağlık ve Güvenlik)

### 1.7.1 Ekipman ve viskozite seçimi

Hidrolik ekipman üreticileri normalde kendi ekipmanlarında kullanmak için belirli bir viskozitede yağ tavsiye ederler. Üreticilerin tavsiyeleri genellikle çok dar toleranslarda üretilmiş sistem pompaları ve valflerinin gereksinimleri ile kısıtlanmıştır. Diğer sistem parçaları yağ seçiminde çok daha az etkiye sahiptir. Çok ince bir yağ sızıntıya ve yetersiz yağlamaya yol açabilir; kalın olanı ise çok yüksek sıvı sürtünmesi yaratır ve pompaya zarar verir.

Normal sıcaklıklarda çalışan birçok endüstriyel sistemde pompalar ISO VG 5-100 aralığında viskoziteye sahip yağa ihtiyaç duyar. Pistonlu pompalar kanatlı pompalara oranla daha viskoz yağa, yüksek çalışma sıcaklıklarında çalışan dişli pompalar daha da kalın yağa ihtiyaç duyarlar. En çok kullanılan viskozite dereceleri ISO VG 22 ve 46 dır.



Şekil 1.10. ISO viskozite dereceleri (Güven 2001)

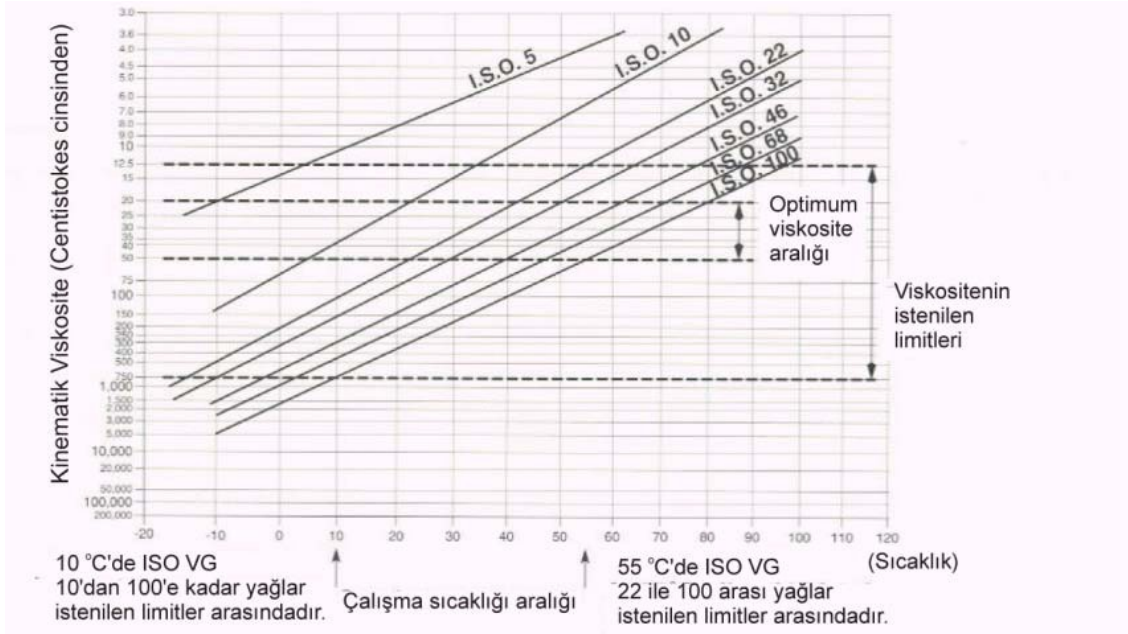
### 1.7.2 Ekipman ve diğer faktörler

Daha önce bahsedildiği üzere, doğru viskozitedeki düz mineral yağlar bir hidrolik sıvıdan beklenen tüm görevleri yeterince gerçekleştiremezler. Uygun yağı seçerken, kullanıcı performans artırıcı katıklar içeren yağın maliyetini ve avantajlarını gözönüne almalıdır. Modern hidrolik sistemlerde kullanılan çoğu yağ, oksidasyon ve korozyon inhibitörleri ve aşınma önleyici katıklar içerirler. Mineral hidrolik yağlara ilave edilebilecek diğer katıklar

viskozite indeksi arttırıcılar, akma noktası depresantları, deterjanlar, dispersanlar ve sürtünme düzenleyicilerdir. Aşınma önleyici katıklar içeren bir yağın seçimi sistem pompasının konstrüksiyonu tarafından etkilenebilir. Gümüş kaplamalı ve belirli diğer demir içermeyen metal parçalara sahip pompalarda çinko içeren aşınma önleyici katıkların kullanılması uygun değildir.

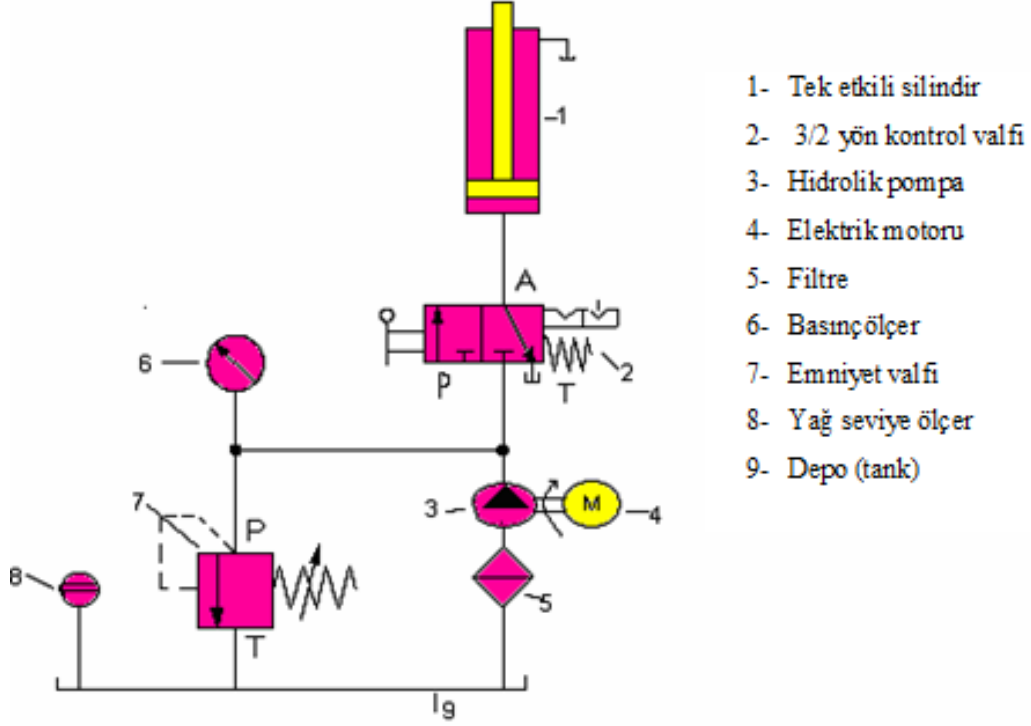
Geniş bir sıcaklık aralığında çalışması beklenen hidrolik ekipmanlar yüksek viskozite indeksli bir sıvıya ihtiyaç duyarlar. Eğer ekipman çok soğuk bir çevrede çalışacaksa, örneğin bir buzhanede çalışan forklift uygulamasında, hidrolik sıvı aynı zamanda düşük bir akma noktasına sahip olmalıdır. Hidrolik ekipman çevresel olarak hassas bir alanda çalışıyorsa örneğin göl ve nehir kenarı ya da ormanda, sıvının sızıntı yapmaması için büyük dikkat gösterilir. Mümkünse doğada parçalanabilen hidrolik yağlar kullanılmalıdır.

Bir sonraki sayfada verilen tablo viskozite ve çalışma sıcaklığının dikkate alınarak doğru derecedeki hidrolik yağın seçiminin yapılabilmesi için bir kılavuздur. İstenen viskozite limitleri ile birlikte uygulama için optimum viskozite aralığını tarif eder. Tabloyu kullanırken sistemin çalışma sıcaklık aralığı ilkin belirlenmiştir. Bu maksimum ve minimum viskozitelerin belirlenmesini sağlar. Daha sonra en uygun ISO VG yağı optimum viskoziteye en yakın ve istenen çalışma sıcaklık aralığı viskozite limitleri dahilinde olacak şekilde seçilir. ISO VG 22 yağ pek çok çalışma sıcaklığı aralıklarında optimum viskozite limitleri içerisinde kalır ve en uygun yağ olarak gözükür.



Şekil 1.11. ISO viskozite sınıfı yağ seçimi tablosu (Güven 2001)

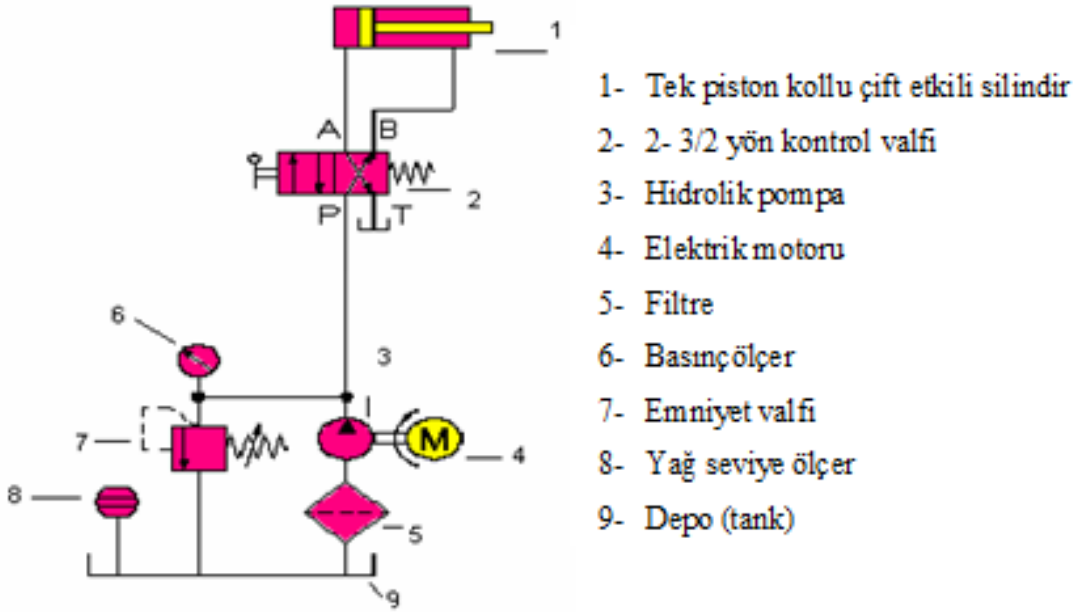
### 1.7.2 Hidrolik sistem kurulması ve çalışması



Şekil 1.12. Tek etkili silindir kumanda devresi

Silindire giren hava pistonu iterek hareket ettirir, hareket bittiğinde de; silindir dikey konumda ise yerçekiminin etkisiyle, yatay konumda ise yayın etkisiyle geri döner (Aykaç 2011).

Basınç hattından gelen hidrolik akışkan, 2/2 yön kontrol valfine basılınca valften geçer. Silindiri ileri iter. Valfin ilk konumuna gelmesini sağlayınca silindir yer çekimi sayesinde ilk konumuna gelir.



Şekil 1.13. Çift etkili silindir kumanda devresi

Hava silindirin çift tarafından da giriş ve çıkış yapar. İlk hareket de dönüş hareketi de havanın pistonu ittirilmesiyle gerçekleşir. (Aykaç 2011)

Basınç hattından gelen hidrolik akışkan, 4/2 valfinin B ucundan geçerek valfi geri konumda tutar. Valfin konum değiştirmesini sağladığımızda A ucundan geçen akışkan, silindirin ileri gitmesini sağlar. Valf tekrar konum değiştirdiğinde silindir geri konumuna gelir.

## **2 MATERYAL VE YÖNTEM**

### **2.1 Materyal**

Tasarımı yapılan sistemde kullanılan materyeller ve teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

#### **2.1.1 Hidrolik silindir**

Hidrolik silindirler dar alanda ağır yüklerin kaldırılması için kullanılabilecek en etkili makina elemanlarıdır. Sistemde yükün kaldırılması amacı ile iki farklı piston kullanılmıştır.

Kullanılan silindirler  $\varnothing 200 \times 200 / 120$  -  $\varnothing 200 \times 200 / 180$  -  $\varnothing 240 \times 140 / 200$  ölçülerinde kullanılan özel yapım silindirlerdir.

#### **2.1.2 Hidrolik Pompa**

Hidrolik yağın aktarılması için değişken deplasmanlı yüke ve debi duyarlı 71 cc/dev hidrolik pompa kullanılmıştır.

#### **2.1.2 Elektrik Motoru**

Sistemde kullanılacak olan enerjinin sağlanması için 55 kw elektrik motoru kullanılmıştır.

### **2.2 Yöntem**

#### **2.2.1 FEM, DIN ve CEN normları ile transport sistemlerinin projelendirilmesi**

Açılımı “Comite’ Europe’ en de Normalisation” olan Avrupa merkezli organizasyon krenler ve benzeri alanlarda standartlar yayınlamakta ve var olan standartları yenilemektedir. CEN standartları ileride DIN, BS, NEN, NBN ve NF standartlarının ve kaldırma makinaları için belirlenmiş FEM kurallarının yerine geçecektir (Verschoof 2002).

CEN’de kren konstrüksiyonları ile ilgili farklı standartlar olmakla beraber test için yayınlanmış olanlar EN12644-1: 2001 “Cranes - Information for use and testing - Part 1: Instructions” ve EN 12644-2: 2000 “Cranes - Information for use and testing - Part 2: Marking”tir.



### 2.2.2 FEM

Kren alanında tanınmış kurumlardan biri de “The Federation Europeen de la Manutention”dır. FEM kuralları dünyaca kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılan dokümanlar haline gelmiştir. Ancak Avrupa ülkeleri artık kren konusunda, CEN standartlarını desteklemekte ve DIN, BS, NEN ve NBN standartlarını geliştirmemektedirler. (Verschoof 2002)

FEM konu ile ilgili kurallarını “Rules for the Design of Hoisting Appliances” isimli kitapçıkta toplamıştır. Kitapçığın 8. bölümü test yükleri ve koşulları ile ilgilidir. Kurallar testlerin aşırı yük durumunda; test yükü çarpanı 1,4 iken yapılmasını gerektirmektedir (F.E.M. 1998)

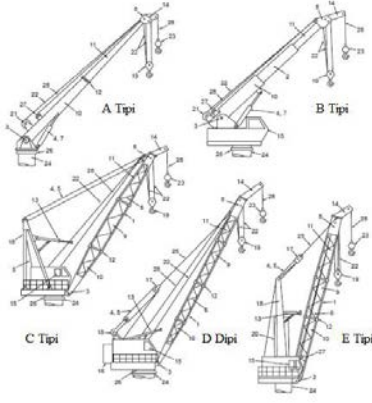
Bu, sistemin normal koşullar altındaki çalışma yükünün %140’ı ile test edilmesi anlamına gelmektedir. Bu belgede şekil değişiminin ve gerilmelerin ölçülmesi için kritik noktaların belirlenmesi için net bir yöntem ortaya koyulmamıştır. Bu noktada en yüksek gerilmelerin meydana geldiği bölgeleri tespit etmek tasarımcıya düşmektedir.

### 2.2.3 API

Amerikan Petrol Enstitüsü (American Petroleum Institute API) 1995’te 5. sürümünü yayınladığı “Specification for Offshore Pedestal Mounted Cranes” isimli şartnamenin 6. sürümünü 2004 yılında yayınlamıştır.

Enstitü, açık deniz için tasarlanmış, İngilizce’de “Offshore pedestal mounted cranes” olarak anılan, Türkçe’de kısaca “jib kren” olarak bilinen ve petrol platformları üzerinde kullanılan krenler için tasarım, üretim ve test standartlarını belirlemeyi amaçlamıştır. “API Spec 2C” kodu ile isimlendirilen bu standart konu ile ilgili oldukça özelleşmiş bir metindir.

Spec 2C, kren tasarımcıları açısından mühim bir kaynaktır. Şekil 1.9’da görülen kren tiplerinin tanıtımından başlayarak bir jib krenin tüm tasarımları için bilgi sunmaktadır. Bu tezin konusunu oluşturan ve daha önce de bahsedilen kren tipi şekilde “E Tipi” olarak belirtilen tiptir.



**Şekil 2.1** API spec. 2c’de kren tipleri (API Spec 2004)

Şartnamede, vincin devreye alma kontrolleri için alıcı ve üretici arasındaki anlaşmalara da bağlı olarak farklı testler yapılabileceğini belirttiği gibi bazı başlıkların önemi de özellikle vurgulanmıştır. Bunlar: farklı yarıçaplarda ana ve yardımcı ana kanca yük testleri, vinç kolu ve kanca hız testleri, dönme ve serbest dönme testleri, aşırı yük (normal kapasitenin 1,22 katı) testleri gibi aşamalıdır.

API Spec. 2, testlerin ayrıntılı açıklaması ve test yöntemi için Society of Automotive Engineers (SAE) tarafından yayınlanan “SAE J987” standartına atıfta bulunmaktadır. Bu standart, tezin konusunu oluşturan krenlerin testlerinin yapılmasında kullanılmıştır. SAE J987’nin belirtmiş olduğu ayrıntılı test aşamaları ve şartları, 2. bölümdeki “SAE J987 ve Deney Basamakları” başlığı altında incelenmiştir. (SAE 2002)

#### **2.2.4 ISO**

Uluslararası Standart Organizasyonu, ISO da krenler hakkında standartlar yayınlamıştır. Bu standartlar krenlerin farklı kısımları ile ilgili ayrıntılı bilgiler içermektedir. Yine de endüstride en sık kullanılan standartlar FEM kuralları ve API standartlarıdır.

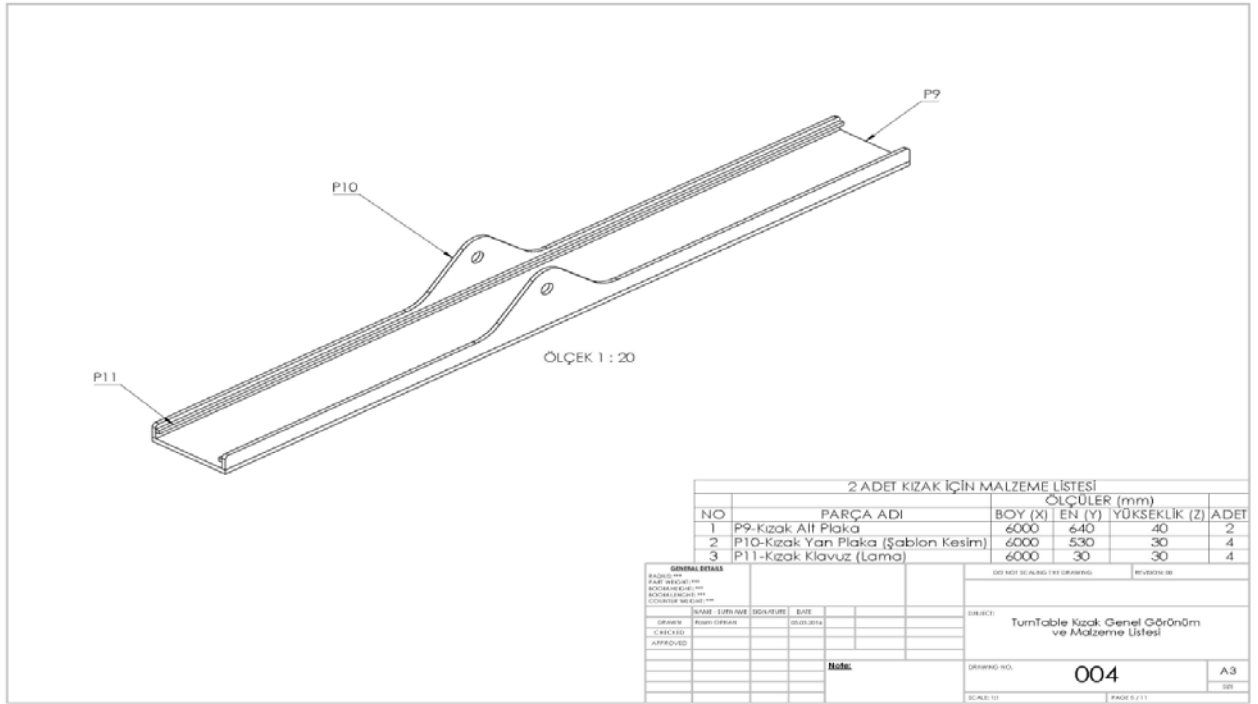
#### **2.2.5 TSE / EN**

Türk Standartları ilgili konuda Avrupa standartlarını benimsemiştir. “EN 12999, Cranes - Loader Cranes” standardının Türkçe’ye çevrilmesi ile “TS EN 12999, Krenler - Yükleyici Krenler” standardı ortaya çıkmıştır. Bu standartta tezin konusunu oluşturan statik yük testlerinde, FEM’de 1,4 ve API/SAE’de 1,22 olarak verilmiş olan nominal

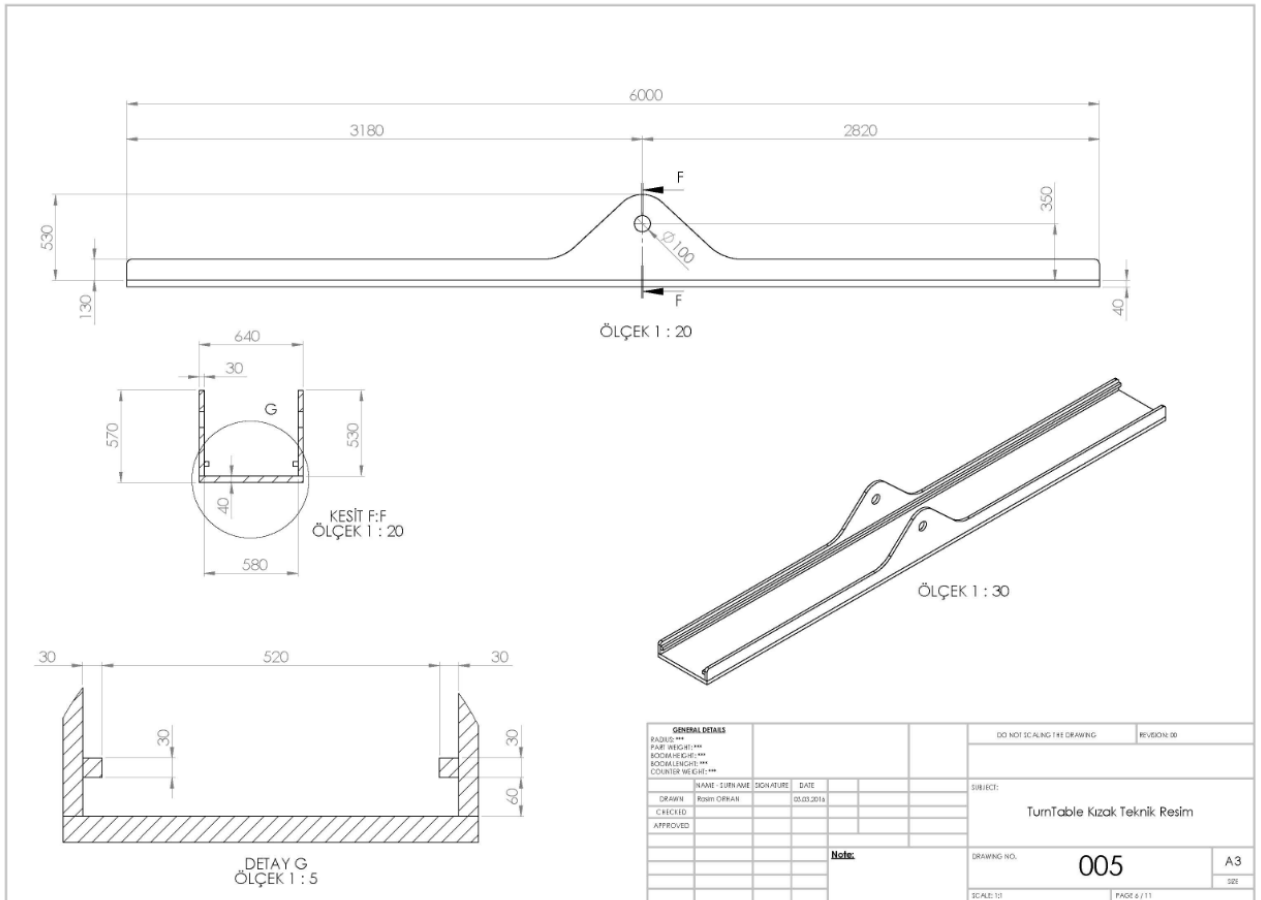
kapasitenin çarpım oranını 1,25 olarak belirtilmiştir. Bununla beraber kren tasarımı ve testleri ile ilgili genel bilgiler içermekte olan belge aynı zamanda British Standards'ta da aynı kod numarası ile kullanılmaktadır. (TS EN 12999 2011)



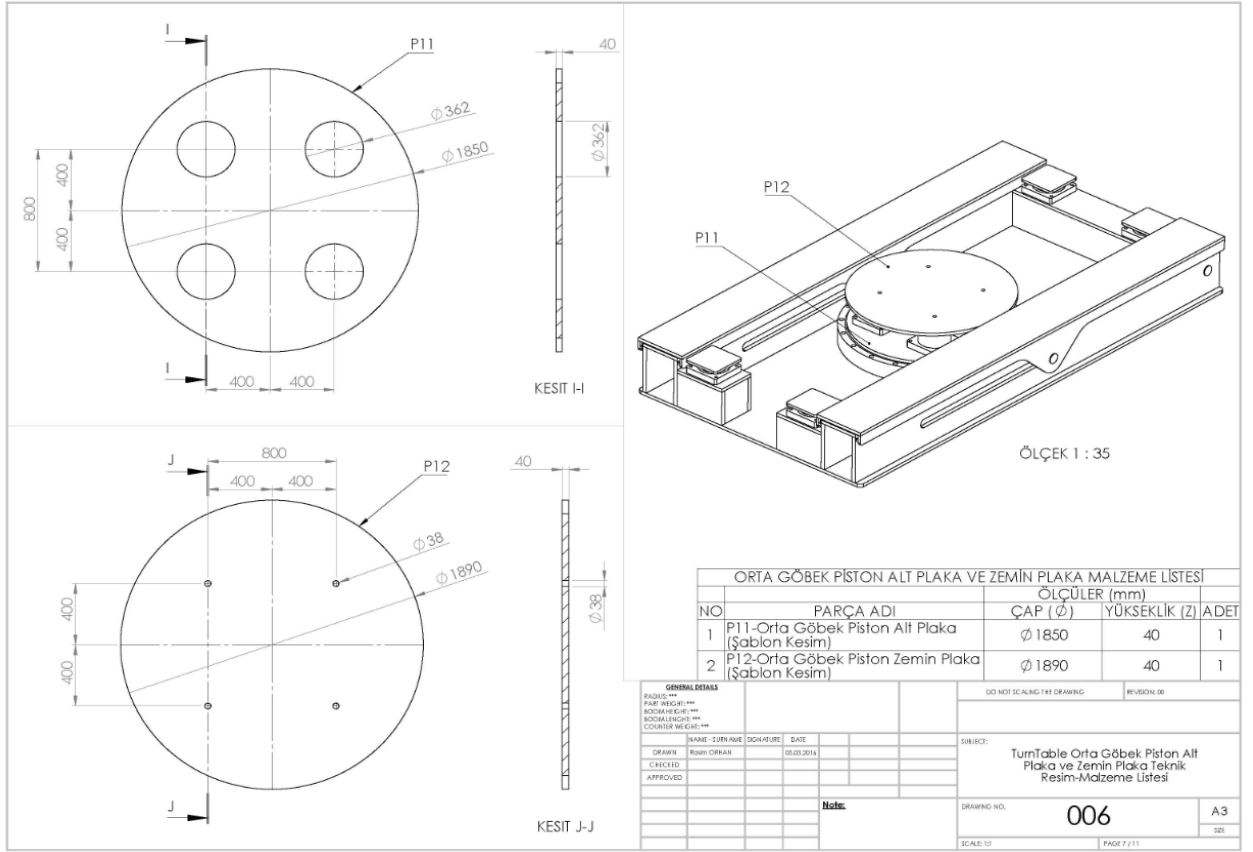




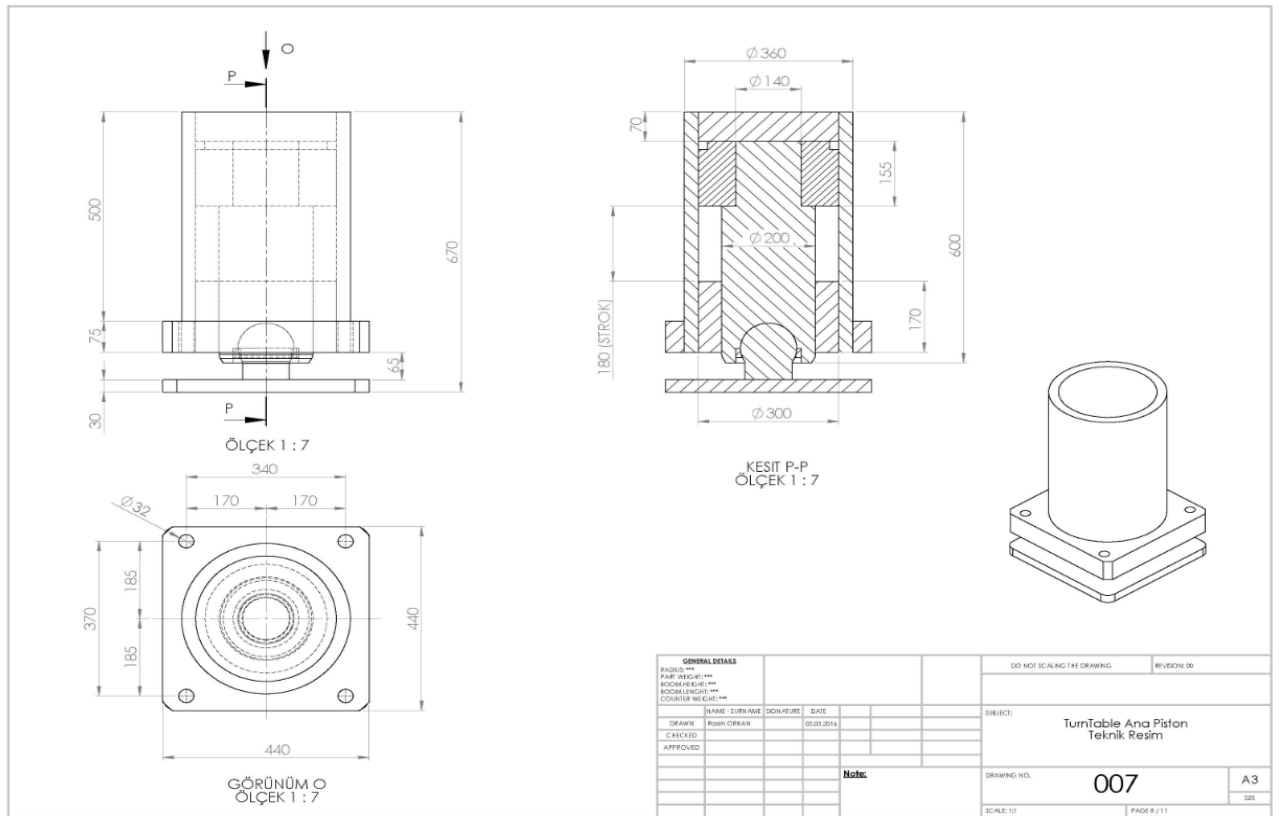
Şekil 3.5. Kızak plaka teknik resmi



Şekil 3.6. Kızak plaka detay teknik resmi



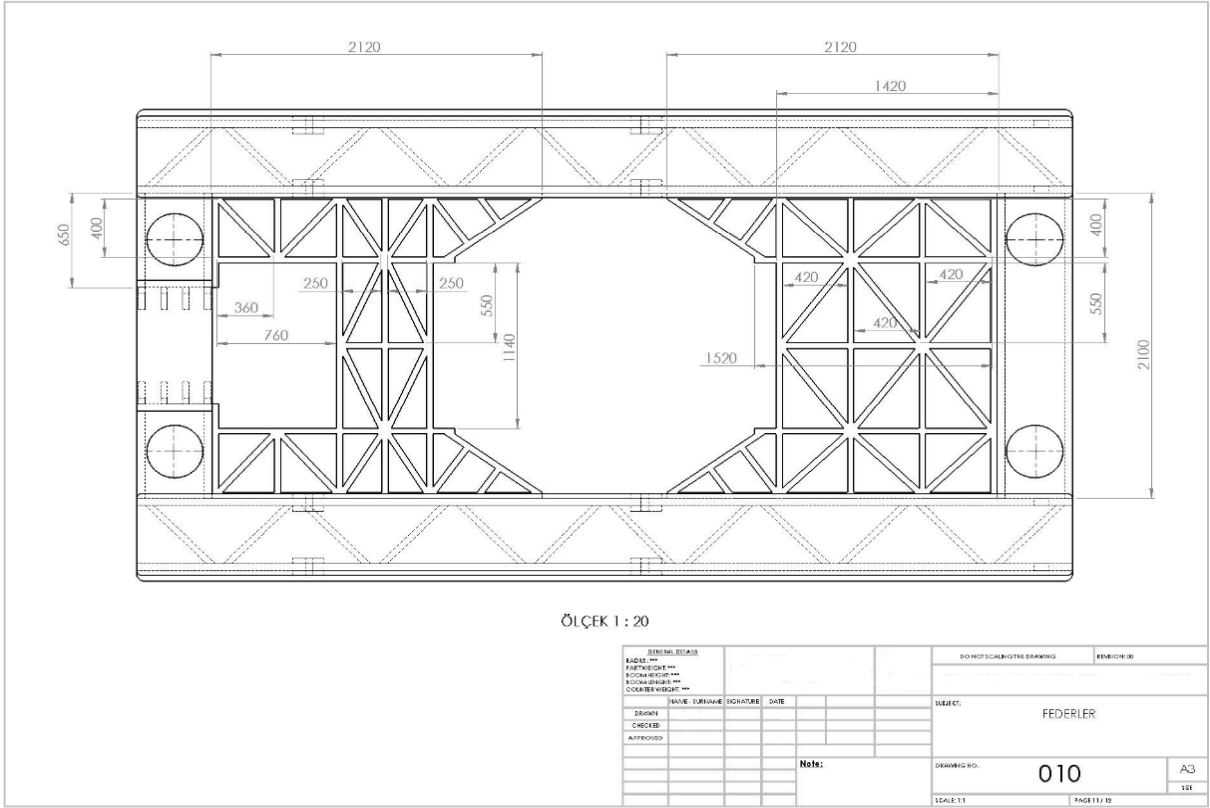
Şekil 3.7. Orta göbek piston alt plaka ve zemin plaka teknik resmi



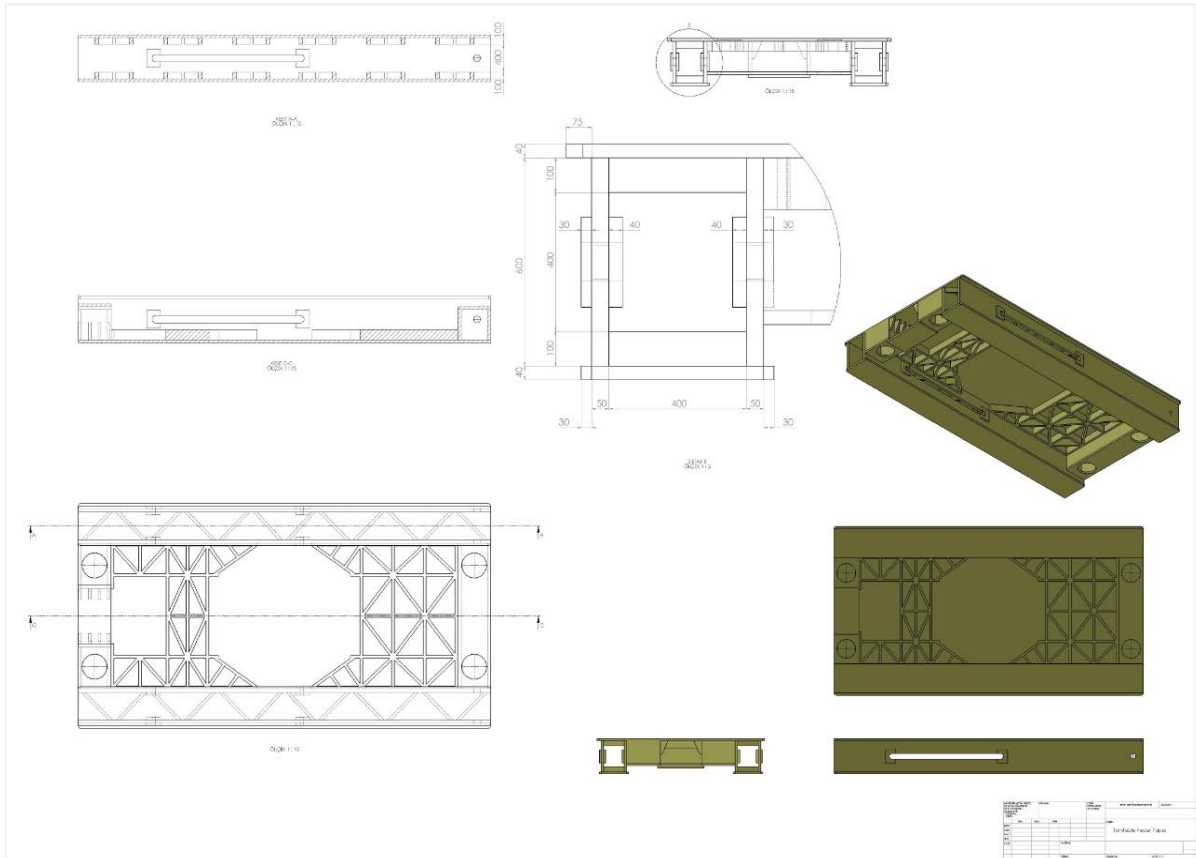
Şekil 3.8. Ana piston teknik resmi







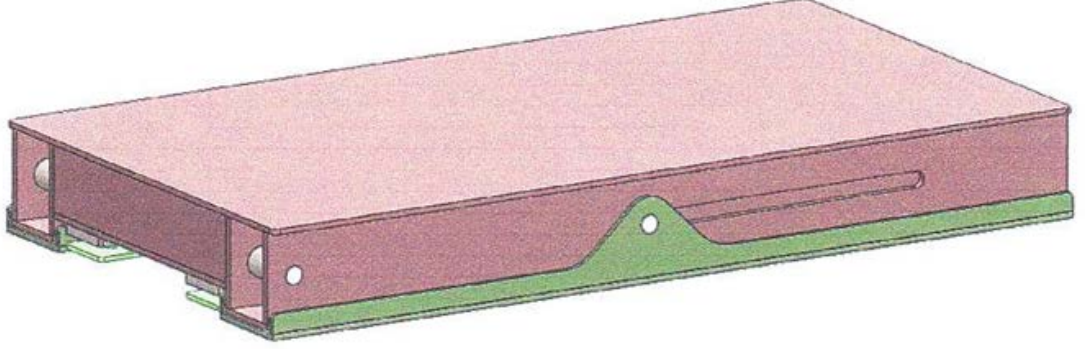
Şekil 3.11. Feder teknik resmi



Şekil 3.12. Döner tabla feder teknik resmi

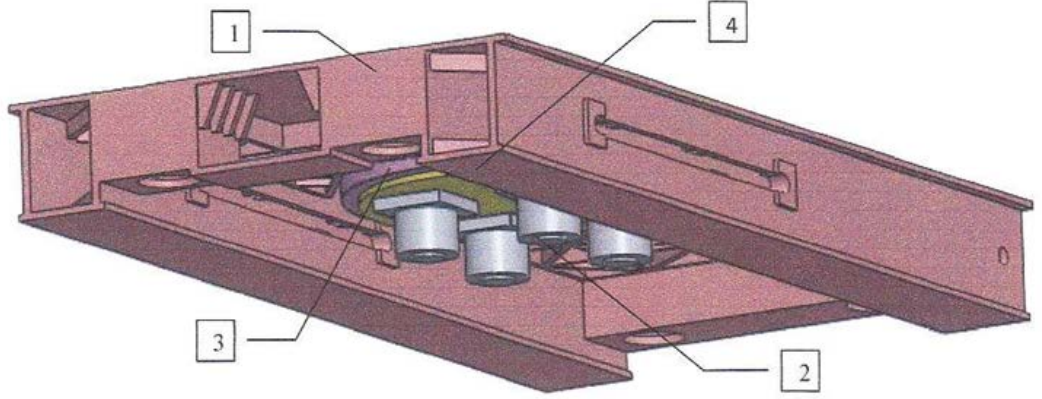
### 3.2 Döner Tabla Taşıma Konstrüksiyonu Bilgisayar Destekli Statik Analizi

1- Yapılan çalışmada taşıma işlemi için kullanması ön görülmüş olup, sürünme ve dönme hareketi yapabilen konstrüksiyonunun taşıyıcı gövdesi iki farklı durumda analizi yapılmıştır. Bu analizler ayrı iki montaj şeklinde, dönme ve sürünme durumu için sınır şartları belirlendikten sonra yüklemeler yapılarak analizler sonuçlandırılmıştır.



Şekil 3.13. Döner Tabla Taşıma Konstrüksiyonu genel görünüm

2- Dönme hareketi için oluşturulan modele 1624029 adet düğüm noktası ve 981647 adet eleman ataması yapılmıştır.



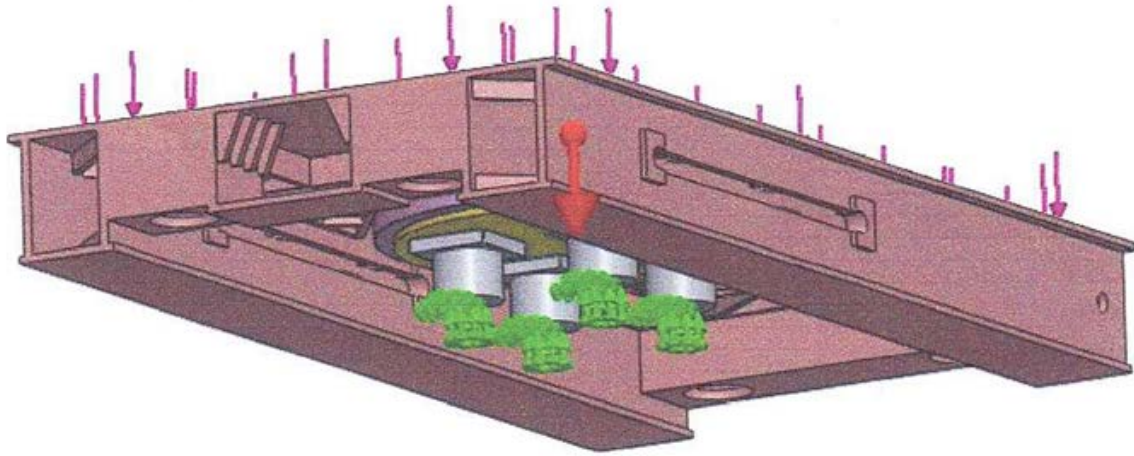
Şekil 3.14. Dönme hareketi model genel görünüm

Çizelge 2.1. Dönme hareketi model parça listesi

Parça Numarası	Adı	Malzeme
1	Taşıyıcı gövde	St-52
2	Dönme hareketi pistonları	Rijit tanımlandı.
3	Döner tabla	Rijit tanımlandı.
4	Piston plakası	St-52

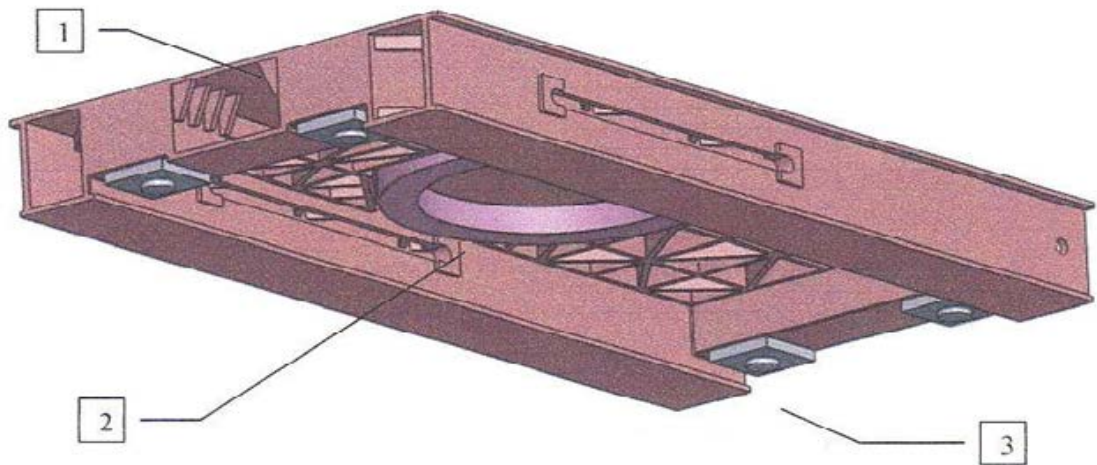
2- Dönme hareketi esnasında konstrüksiyon döner tablasına montajlı rijit tanımlı hidrolik pistonlar yükü yükseltme işleminden sonar, döner table vasıtasıyla dönme işlemi gerçekleşmektedir. Buradaki durum sınır şartları konstrüksiyonun orta kısmında bulunan hidrolik pistonların yere basn bölgelerinden sabit kabul edilmiştir.

4- Konstrüksiyon taşıyıcı gövde parçasının yükleme yapılan yüzeyine dik ve yayılı olacak şekilde kuvvvet uygulanmıştır. Ayrıca yer çekimi etkisi analizlerde göz önüne alınarak, konstrüksiyonun kendi kütesinden meydana gelen ağırlık kuvvetleride analiz sınır şartlarına eklenmiştir.



**Şekil 3.15.** Dönme hareketi model sınır şartları görünüm

5- Sürünme hareketi için oluşturulan modele 1707568 adet adet düğüm noktası ve 1027684 adet eleman ataması yapılmıştır.

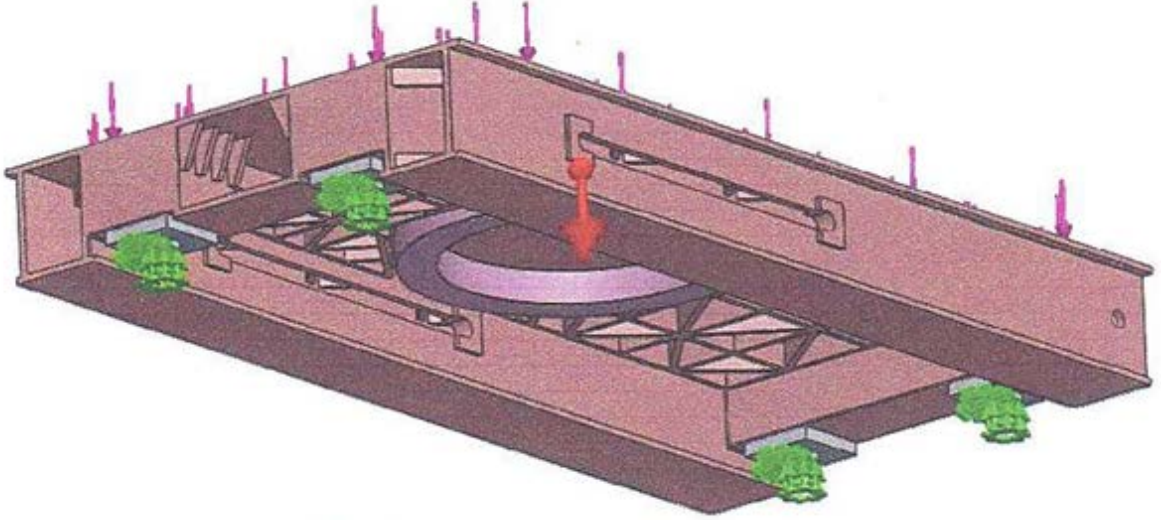


**Şekil 3.16.** Sürünme hareketi model genel görünüm



**Çizelge 2.2.** Sürünme hareketi model parça listesi

Parça Numarası	Adı	Malzeme
1	Taşıyıcı gövde	St-52
2	Döner tabla	Rijit tanımlandı.
3	Sürünme hareketi pistonları	Rijit tanımlandı.



**Şekil 3.17.** Sürünme hareketi model sınır şartları görünüm

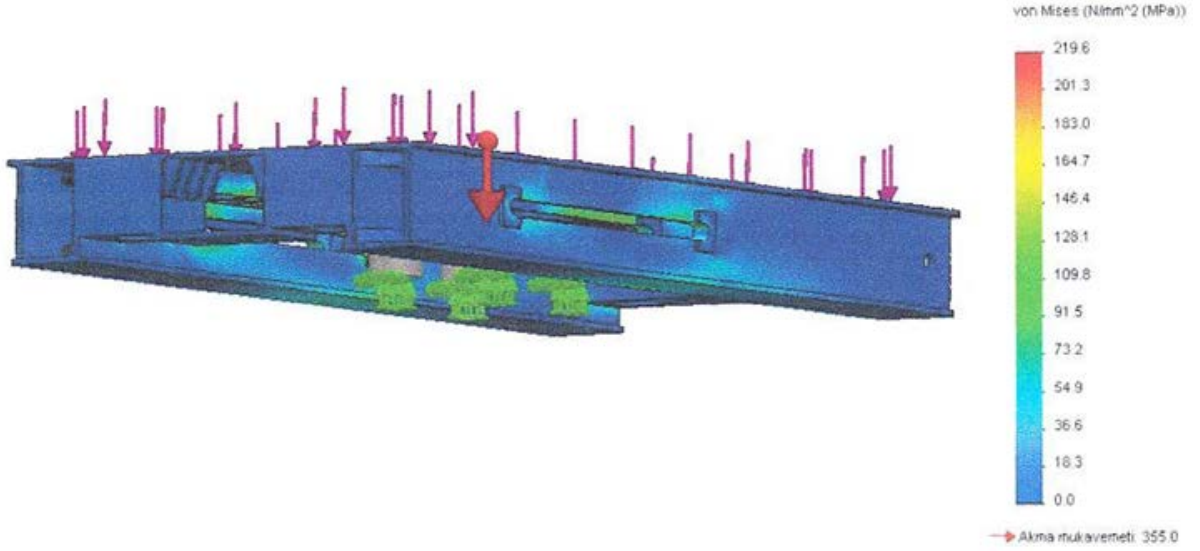
6- Sürünme hareketi esnasında konstrüksiyonun dört köşesinde montajlı rijit tanımlı düşey çalışan hidrolik pistonların yükü yükseltme işleminden sonar kızak, konstrüksiyonun kenarlarında bulunan ve yere paralel olan piston sayesinde yatıda hareket ettirilir. Sonrasında yük tekrar pistonlar ile yere indirilir ve kızak üzerinde kaydırılarak konstrüksiyonun başlangıcındaki haline dönmesi suratiyle sürünme harketi gerçekleştirilir. Sürünme hareketi yük götürüleceği yere ulaşincaya kadar devam ettirilir. Buradaki durum için dört köşesinde bulunanan rijit tanımlı hidrolik pistonların yere basan bölgelerinden sabit kabul edilmiştir.

7- Konstrüksiyon taşıyıcı gövde parçasinin yükleme yapılan yüzeyine dik ve yayılı olacak şekilde kuvvet uygulanmıştır. Ayrıca yer çekimi etkisi analizlerde gözönüne alarak, konstrüksiyonun kendi külesinden meydana gelen ağırlık kuvvetleride analiz sınır şartlarına eklenmiştir.

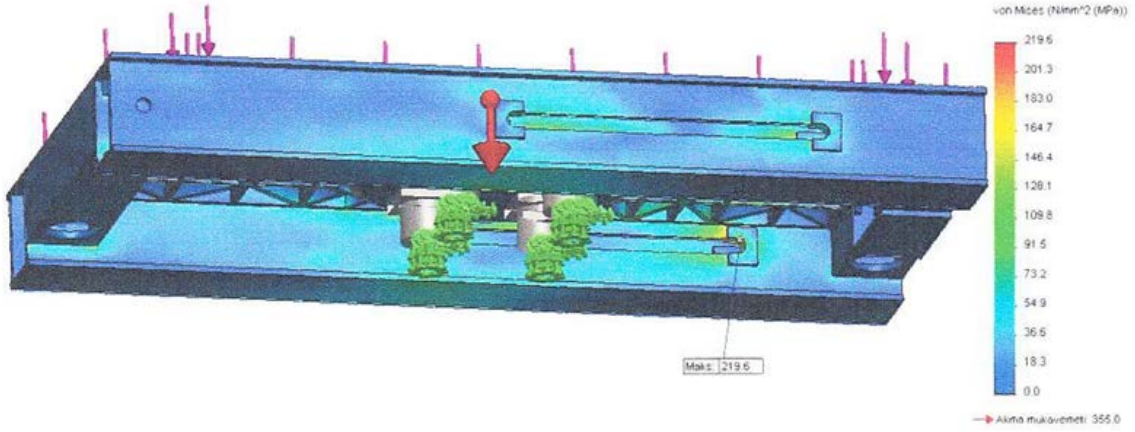
8- Analizi yapılan konstrüksiyon için malzeme olarak S255J2G2 (bilenen adıyla St 52 ) atanmıştır. Yerçekimi etkisi baz alınmış olup ve yer çekimi ivme değeri (G) : 9.81 m/s<sup>2</sup>

Akma gerilmesi : 255 MPa  
Kopma gerilmesi : 520 MPa  
Poisson Oranı : 0,28  
Elastisite Modülü: 210 GPa

### 3.3 Döner Tabla Taşıma Konstruksiyonu Araştırma Sonuçları

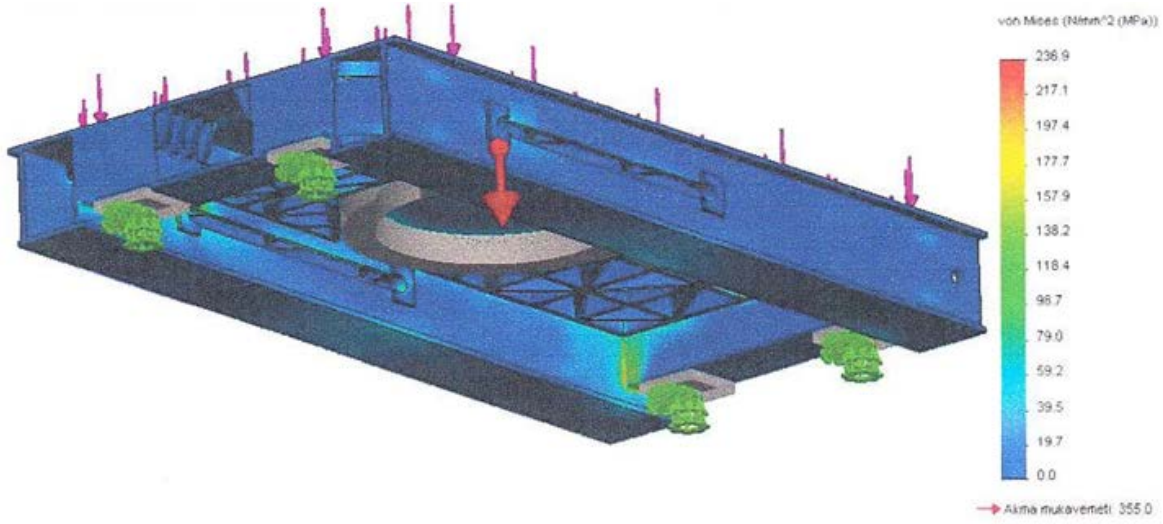


Şekil 3.18. Dönme hareketi analiz sonucu ve gerilme dağılımı

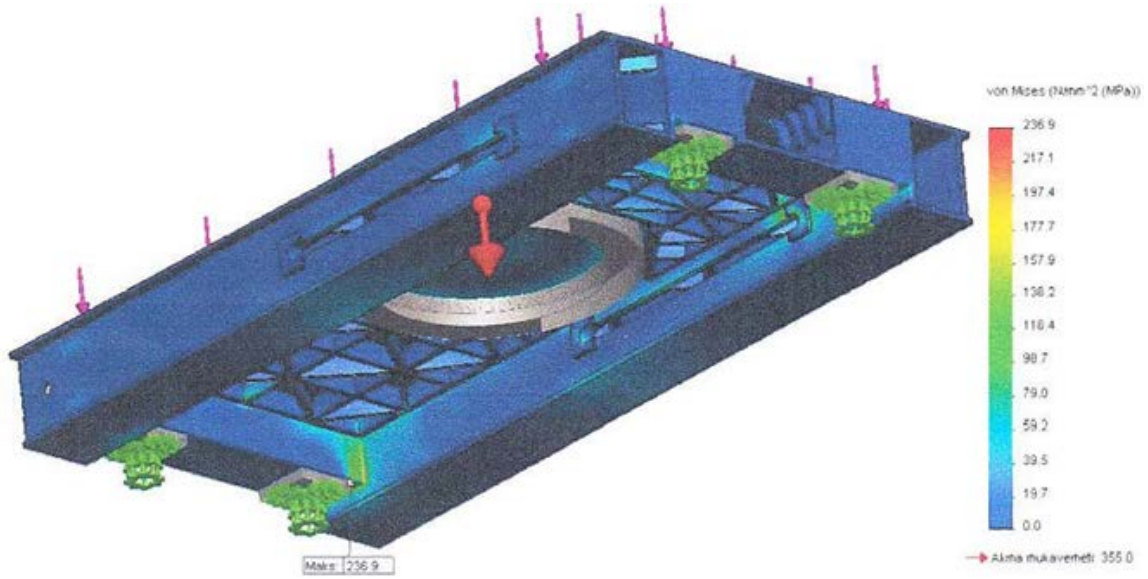


Şekil 3.19. Dönme hareketi analiz sonucuna göre gerilmenin maksimum olduğu bölge

Dönme hareketi modeline yukarıda belirtilen şartlarda 4120000 N kuvvet uygulanığında, maksimum gerilmenin St-52 malzemeden üretilmiş ‘taşıyıcı gövde’ parçasında yaklaşık 219,6 MPa çıktığı görülmüştür.



**Şekil 3.20.** Sürünme hareketi analiz sonucu ve gerilme dağılımı



**Şekil 3.21.** Sürünme hareketi analiz sonucuna gerilmenin maksimum olduğu bölge

Sürünme hareketi modeline yukarıda belirtilen şartlarda 4120000 N kuvvet uygulanığında, maksimum gerilmenin St-52 malzemeden üretilmiş ‘taşıyıcı gövde’ parçasında yaklaşık 226,9 MPa çıktığı görülmüştür.

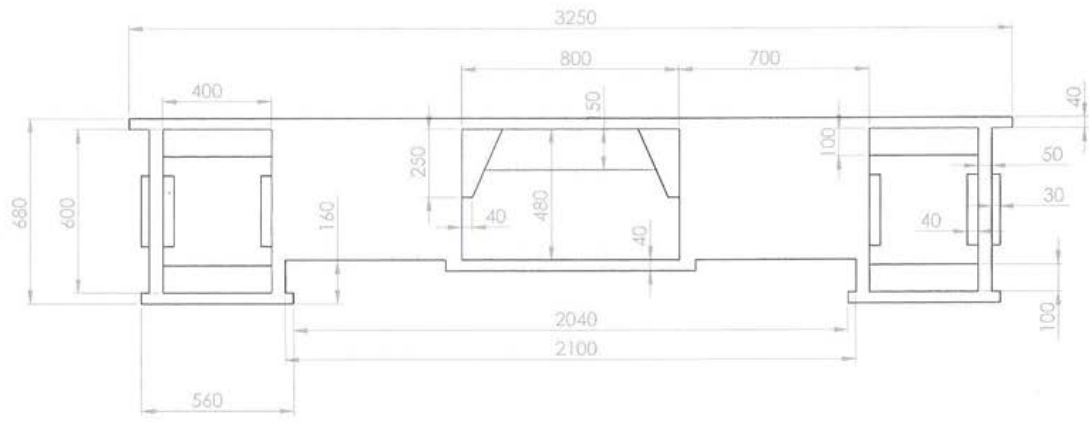
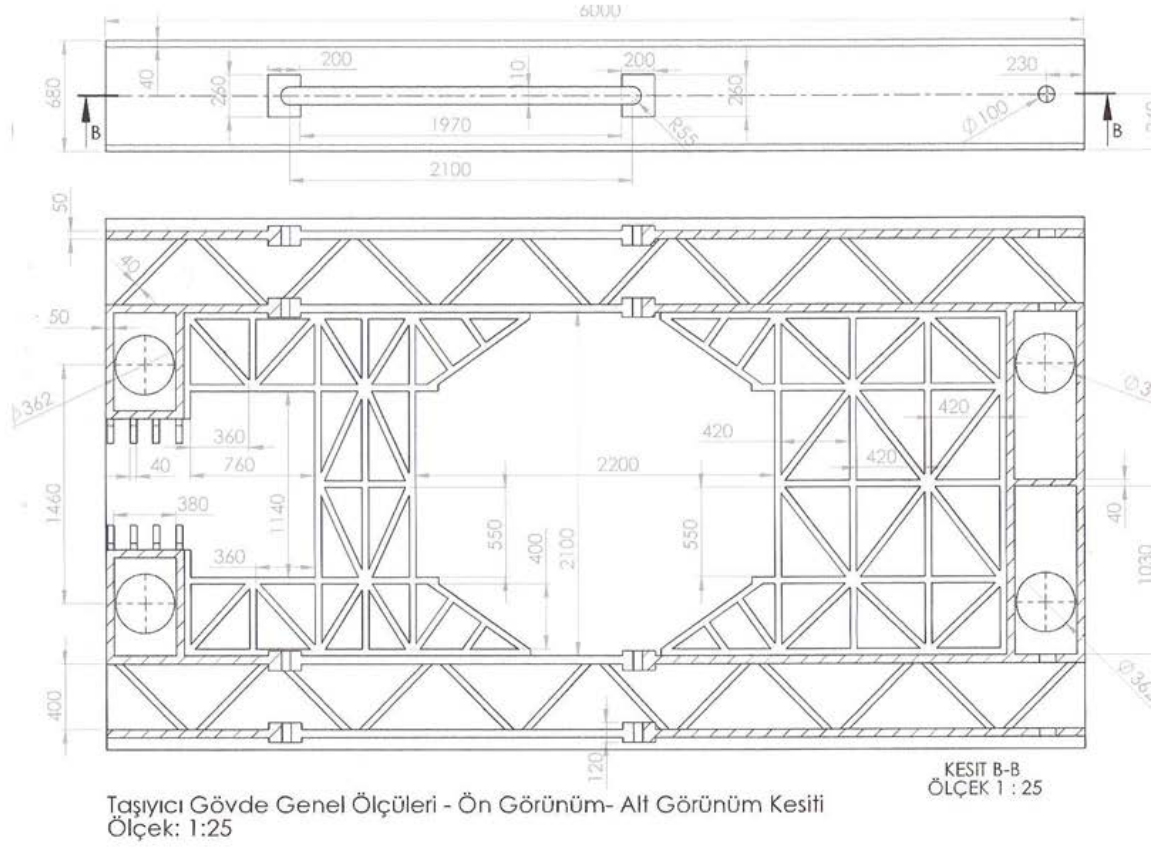
Verilen renk diyagramlarına göre, kırmızı olan gerilmenin diğer bölgelere nazaran daha fazla bölümlerdir. Bununla birlikte gerilmenin en düşük olduğu olan bölgeler koyu mavilerdir. Ardından gerilmenin artışına göre açık mavi, yeşil, sarı, kırmızı olarak gitmektedir ve bu bölgelerdeki gerilme bu renklerin sırasına göre artmaktadır. Yapılan analiz, konstrüksiyonda hiçbir hatanın bulunmadığı ve ideal olduğu şartlardaki sonucu vermektedir.

Dönme hareketi modelinde, konstrüksiyonun orta kısmında bulunan rijit tanımlı düşey ekseninde çalışan hidrolik pistonlara yere basan bölgeleri sabit mesnet olarak kabul edilmiştir. Modele yer düzlemine dik, yükün yükleneceği yüzeye tamamen ve yayılı olacak şekilde 4120000 N (~ 420 ton ) kuvvet uygulandığında, maksimum gerilmenin St-52 malzemedan üretilmiş ‘taşıyıcı gövde’ parçasında yaklaşık 219,6 MPa çıktığı görülmüştür. Budurumda dönme hareketi modeli için emniyet katsayısı yaklaşık 1,62 olarak belirlenmiştir.

Sürünme hareketi modelinde, konstrüksiyonun dört köşesinde bulunan rijit tanımlı düşey ekseninde çalışan hidrolik pistonlara yere basan bölgeleri sabit mesnet olarak kabul edilmiştir. Modele yer düzlemine dik, yükün yükleneceği yüzeye tamamen ve yayılı olacak şekilde 4120000 N (~ 420 ton ) kuvvet uygulandığında, maksimum gerilmenin St-52 malzemedan üretilmiş ‘ taşıyıcı gövde’ yaklaşık 226,9 MPa çıktığı görülmüştür. Budurumda dönme hareketi modeli için emniyet katsayısı yaklaşık 1,5 olarak belirlenmiştir.

Yukarıda belirtilen ifadelerde ise, konstrüksiyonun iki farklı durumuna göre analiz sonuçları göz önüne alındığında, aynı yük miktarı için sürünme hareketi modelinin daha kritik çıktığı görülmektedir. Bu sebeple sınır şartları ifadesinde belirtilen sabitleme yerleri ve kuvvetin etki ettirilmesi ile ilgili şartların sağlandığı ön görülerek konstrüksiyon için 1,5 kat emniyetli taşınabilecek yükün yaklaşık 4120000 N (~ 420 ton ) olduğu kanaatine varılmıştır.

Konstrüksiyon yapılan analiz ile bulunan sonuç konstrüksiyonun ideal olması durum içindir. Bu durum, kaynakların hatasız ve ana malzeme ile bütünmüş gibi davranması, malzemelerin kusursuz olması ve zarar görmemiş olması gibi durumları kapsamaktadır. Ayrıca konstrüksiyunun çalışması esnasında yukarıda sınır şartları ifadesinde belirtilen yükleme durumları göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İmalat aşamasında statik analiz sonuçları baz alınarak daha uygun mukavim yapılmıştır.



Taşıyıcı Gövde Genel Ölçüler  
Şol Görünüm  
Ölçek: 1:15

Şekil 3.22. Taşıyıcı gövde genel ölçüler



### 3.4 Döner Tabla İmalat Görüntüleri



Şekil 3.22. İmalat görüntüsü



Şekil 3.23. İmalat görüntüsü



**Şekil 3.24.** İmalat görüntüsü



**Şekil 3.25.** İmalat görüntüsü





Şekil 3.26. İmalat görüntüsü



Şekil 3.27. İmalat görüntüsü





**Şekil 3.28.** İmalat görüntüsü



**Şekil 3.29.** İmalat görüntüsü





Şekil 3.30. İmalat görüntüsü



Şekil 3.31. İmalat görüntüsü





Şekil 3.32. İmalat görüntüsü



Şekil 3.33. İmalat görüntüsü





Şekil 3.34. Yapılan test ve kontroller



Şekil 3.35. Yapılan test ve kontroller

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Proje kapsamında üretilmiş olan Döner Tabla Türkiye'nin yüksek ağırlıkları kaldırma konusunda yurt dışına olan bağımlılığını ve bekleme sürelerini ortadan kaldıracaktır. Mevcut durumda ülkemizde bu tür yüksek ağırlıkların taşınıp montajı hizmeti yurtdışından temin etmektedirler. Yurt dışında ise firmaların termin süreleri ve maliyetleri çok fazladır.

**Çizelge 4.1.** Projenin yurtdışındaki muadilleri ile kıyaslanması

<b>Projenin yurtiçi/yurtdışı pazardaki mevcut veya potansiyel benzerleri ile kıyaslanması</b>			
<b>Teknik</b>	<b>Proje Çıktısı</b>	<b>Karun</b>	<b>FLJ Shanghai</b>
Satış Bedeli	200.000EU	585.000 EU	512.000 EU
	Kızaklı	Tekerlekli	Tekerlekli
Ölçüler		18000x2000x1175	18500x2990x1070
Tonaj	420	500	270

Projenin başarı ile sonlanmasının ardından üretilen hidrolik elektrikli yürüteçleri hem yurtiçinde hem de yurtdışında pazara sunum yapılması planlanmaktadır. Ülkemizde üretilen hidrolik elektrikli yürüteçler yurtdışında üretilen muadillerine göre daha düşük maliyette olacaktır. Bu nedenle fiyat olarak avantajlı konuma geçmiş olan ürün daha fazla rağbet görecektir. Projenin başarı ile sonlanmasının ardından yeni uluslararası projeler için tamamen ülkemiz özkaynakları ile üretim yapılabilecektir.

Özellikle enerji sektöründe artan ağırlıklara bağlı olarak yurtdışından getirilen ağır yük taşıma ekipmanları için çok yüksek bedeller ödenmekte ve bu ekipmanların termin süreleri oldukça uzun sürmektedir. Ayrıca muadill ekipmanlar boyutları gereği dar ve kapalı alanlarda deavantaj oluşturmaktadır. Bu proje ile hem firma hem de ülke için yeni olan ağır yük taşıma ekipmanlarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Ağır yük nakliye ihtiyacı yerli taşıma ekipmanları ile ve muadiline göre daha optimum boyutlarda olduğu için daha dar alanlarda da kullanılabilir hale gelecektir.

Projenin en önemli yenilikçi yönü, Türkiye'de bilinmeyen bu ağır yük taşıma teknolojisini geliştirilerek bu konudaki teknolojik boşluk doldurulacaktır. Ayrıca bu proje sayesinde;

- Yurtdışına bağımlılık azaltılacak



- İthalat azaltılacak, ihracata da katkı sağlayacak
- Yurtdışı müşterilerine gerçekleştirilecek satışlarla ihracat artacak
- Yerli nakliye firmalarına gerçekleştirilecek satışlarla genelde bu ekipmanlar için harcanan 4-6 aylık teslim süreci 1 haftaya düşürülecek.

Özellikle termik, doğalgaz dönüşüm, hidroelektrik, rüzgar enerji santralleri, petrokimya rafinerileri gibi artan ağırlıklarda taşıma ve montaj işlemlerinin gerçekleştiği sektörlerde kullanılan ağır yük taşıma ekipmanı ihtiyacı bu ekipmanların Türkiye'de üretilmesini de zorunlu hale getirmiştir. Endüstriyel tesislerin iç mekanlarında bir çok makine ve teçhizatın bulunduğu kapalı ve dar alanlarda hareket etme kabiliyeti yurtdışından getirilen ekipmanlara göre çok fazla avantajlı olacağından Turn Table bu özelliği ile de ön plana çıkmaktadır.

Proje kapsamında bilimsel temellere dayanan çalışmalar sonucunda, uluslararası standartları sağlayacak şekilde ağır yük taşıma ekipmanı (Turn Table) üretim prosedürü geliştirilerek firma olarak ülkemizde bir ilk olmak hedeflenmiştir.

Yük taşıma ekipmanları konusunda Türkiye' de ilk defa araştırılacak olan bu alanda 420 ton yük taşıma kapasitesi için hem boyutların mevcut muadillerine göre daha optimize hale getirilmesi hem de tekerlekli sistem yerine kayar kızak oluşturulması konusu belirsizlik taşımakta olup proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu alanda teknoloji hakkında henüz ülkemizde hiçbir know-how bulunmadığı için yurtdışından bu ekipmanlar satın alınmaktadır. Bu sebeple bu konuda yurtdışına bağımlılık söz konusudur.

Bu proje ile hem Aydıntaş'ın hem de müşterinin bilgi ve tecrübesinin olmadığı taşıma ekipmanı teknolojisi araştırılacak ve daha önce bilinmeyen kayar kızak yöntemi ile üretim yöntemi belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

- Anonim (2016) Pnömatik Sistemler - Yapısı, özellikleri ve kullanıldığı yerler  
<http://arsivbelge.com/yaz.php?sc=2260> Erişim Tarihi:10.09.2016
- Anonim (2016) Jib Kreni <http://www.trademark-hoist.com/jib-cranes.html> Erişim Tarihi:10.09.2016
- API Spec. 2C (2004). Specification for Offshore Pedestal Mounted Cranes, *American Petroleum Institute*, Washington, USA.
- Aykaç E. Sinem (2011) Hidrolik – Pnömatik TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ankara
- Esen İ. (2009) Hareketli yükler altındaki köprülü kren kirişlerinin Dinamik (mukavemet) analizi, İstanbul
- F.E.M 1.001. (1998). Rules for the design of hoisting appliances, *Federation Europeenne de la Manutention*, Brussels, Belgium
- Güven Ahmet K.(2001). Hidrolik yağların ana fonksiyonları ve Hidrolik yağ seçimi, II. ULUSAL hidrolik pnömatik kongresi ve sergisi, 122-146, İzmir.
- Hidrosam, ( 2006) Hidrolik Eleman Resimleri, Kartal, İstanbul
- Karacan İsmail ( 2002) Hidrolik+ Pnömatik, Bizim Büro Yayınevi, Karabük,
- Kartal Faruk, (1994) Hidrolik ve Pnömatik, Modül Teknik Eğitim ve Hizmet Organizasyonu Manisa.
- Kayaoğlu, E. (2009). Kren konstrüksiyonunda kullanılan dikdörtgen levhaların yayılı yük altındaki davranışının incelenmesi (yüksek lisans tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztepe, H. (1999). Transport tekniği, kaldırma ve taşıma makinaları, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul.
- SAE J987. (2002). Lattice Boom Cranes – Method of Test, *Society of Automotive Engineers*, Washington, DC, USA
- Shapiro, H. I., Shapiro, J. P. ve Shapiro L. K., Abrahart, R. (1999). Cranes and derricks, McGraw-Hill, New York, USA.
- TS EN 12999. (2011). Krenler – Yükleyici Krenler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- Verschoof, J. (2002). Cranes, design, practice, and maintenance, Professional Engineering Publishing Limited, London and Bury St Edmunds, UK.

## ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında, Bursa ilinin M.K.Paşa ilçesinde doğdu. İlköğretim, orta öğretim ve lise eğitimlerini aynı ilçede tamamladıktan sonra 2009 yılında Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. Aka Otomotiv. A.Ş.'de makine mühendisi olarak çalışmaya başladı ve Namık Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisans programına katılmaya hak kazandı. Halen Aydıntaş Vinç. A.Ş. 'deki danışmanlık görevini sürdürmekte ve bilimsel çalışmalarına devam etmektedir.