

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BARİYER AĞI  
VE  
AĞ KALDIRMA SİSTEMİ TASARIMI**

**Tezi Hazırlayan  
Gürhan GÜNGÖRDÜ**

**Tezi Yöneten  
Yrd. Doç.Dr. Fazıl CANBULUT**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Kasım 2009  
KAYSERİ**

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BARİYER AĞI  
VE  
AĞ KALDIRMA SİSTEMİ TASARIMI**

**Tezi Hazırlayan  
Gürhan GÜNGÖRDÜ**

**Tezi Yöneten  
Yrd. Doç. Dr. Fazıl CANBULUT**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Kasım 2009  
KAYSERİ**

Yrd.Doç.Dr. Fazıl CANBULUT danışmanlığında **Gürhan GÜNGÖRDÜ** tarafından hazırlanan **“Bariyer Ağı ve Ağ Kaldırma Sistemi Tasarımı”** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

25.11.2009

**JÜRİ:**

Başkan : Prof.Dr. Sedat ÖZDEN

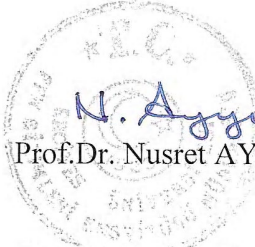
Üye : Doç.Dr. Cem SİNANOĞLU

Üye : Yrd.Doç. Dr. Fazıl CANBULUT

**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 15/12/2009 tarih ve 2009/43-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

15/12/2009

  
N. Ayyıldız  
Prof.Dr. Nusret AYYILDIZ  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

“Bariyer Ağı ve Ağ Kaldırma Sistemi Tasarımı” konulu tez çalışmasının seçiminde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde maddi manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Yrd.Doç.Dr. Fazıl CANBULUT’a teşekkür ederim.

Ayrıca “Bariyer Ağı ve Ağ Kaldırma Sistemi Tasarımı” konusunda yüksek lisans çalışması yapmam için beni teşvik eden ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof.Dr. M.Baki KARAMIŞ’a teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca bana verdiği manevi destek, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı değerli eşim Seyhan GÜNGÖRDÜ’ye, kızlarım Aslıhan ve Bilgehan GÜNGÖRDÜ’ye teşekkür ederim.

## **BARİYER AĞI VE AĞ KALDIRMA SİSTEMİ TASARIMI**

**Gürhan GÜNGÖRDÜ**  
**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Yüksek Lisans Tezi, Kasım 2009**  
**Tez Danışmanı: Yrd. Doç.Dr. Fazıl CANBULUT**

### **ÖZET**

Avcı (fighter) tipi savaş uçaklarının, herhangi bir fren veya hidrolik arızası nedeniyle kendi imkanları ile duramadığı emercensi durumlarda, uçağı hasarsız veya en az hasarla kurtarabilmek amacıyla kullanılan uçak yakalama sistemlerinden biri olan Ağ Bariyer sistemlerinin yerli imalat ile üretilmesi hedeflenmiştir.

Bu amaçla hazırlanan yakalama tertibatlarına, havacılığın ilk dönemlerinden itibaren çok büyük önem verilmiştir. Ancak daha ziyade askeri amaçlı kullanılan uçak durdurucu (bariyer) sistemleri, sektör olarak sanayide çok fazla duyulmamıştır. Yapılan tasarım çalışması ile ülkemiz ekonomisine bir nebze de olsa katkıda bulunulması hedeflenerek söz konusu sistemlerden biri olan bariyer ağı ve kaldırma sisteminin tasarımı yapılmıştır.

Bu çalışmada, bariyer ağında kullanılan malzemelerin teknik özellikleri, bariyer ağının uçak tiplerine göre modellenmesi, eleman sayılarının tespiti ve komple bir bariyer ağının tasarımı ile birlikte, bariyer ağını aktif olarak pist üzerinde kullanma imkanı sunan ağ kaldırma sistemi üzerine gelen kuvvetlerin belirlenmesi ile uygun bir kaldırma mekanizmasının tasarımı için gerekli mekanik ve hidrolik komponentlerin seçimi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Uçak durdurucu bariyer, bariyer ağı tasarımı, ağ kaldırma sistemi tasarımı.

# **NET BARRIER AND NET LIFTING SYSTEM DESIGN**

**Gürhan GÜNGÖRDÜ**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**M.Sc. Thesis, November 2009**

**Thesis Supervisor: Ast. Prof. Fazıl CANBULUT**

## **ABSTRACT**

It is aimed to manufacture locally the net barrier systems which is one of aircraft arresting systems used for purpose of rescuing aircraft with minimum damage, in cases of emergency when the aircraft can not stop with its own capabilities because of any brake or hydraulic failure in fighter type aircraft.

So great importance has been given to arresting setups prepared for this aim since first terms of aviation. But aircraft arresting systems used rather for military purposes has not been heard much as a sector in industry. Net barrier and lifting system that is one of such mentioned systems has been designed by aiming that it may contribute to our country's economy even a little with the design work carried out.

At this work, technical characteristics of materials used barrier net, barrier net modeling according to aircraft type, determination of number of elements and a complete barrier net design are outlined with the selection of mechanical and hydraulic components necessary for an appropriate lifting mechanism by determination of forces applied on net lifting system which serves an operational capability of using barrier net actively on runway.

**Key Words:** Aircraft arresting barrier, design of barrier net, design of net lifting system

## İÇİNDEKİLER

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| KABUL VE ONAY .....                        | i    |
| TEŞEKKÜR .....                             | ii   |
| ÖZET .....                                 | iii  |
| ABSTRACT .....                             | iv   |
| İÇİNDEKİLER.....                           | v    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                     | viii |
| TABLolar LİSTESİ.....                      | x    |
| <br>1. BÖLÜM                               |      |
| GİRİŞ .....                                | 1    |
| 2. BÖLÜM                                   |      |
| BARİYER AĞI VE AĞ BARİYER SİSTEMLERİ ..... | 4    |
| 2.1. Bariyer Ağı .....                     | 5    |
| 2.2. Ağı Bariyer Sistemleri.....           | 6    |
| 2.3. Ağı Malzemesi .....                   | 8    |
| 2.4. Ağı Ömrü .....                        | 8    |
| 2.5. Uçak Girişi.....                      | 8    |
| 2.6. Muhtemel Hasar .....                  | 9    |
| 2.7. Tasarım Özellikleri .....             | 10   |
| 2.8. Ağı Yapısı .....                      | 10   |
| 2.9. Yükseklik.....                        | 11   |
| 2.10.Genişlik .....                        | 12   |
| 2.11. Eleman Sayısı .....                  | 12   |
| <br>3. BÖLÜM                               |      |
| KALDIRMA SİSTEMİ MUKAVEMET HESAPLARI.....  | 13   |
| 3.1. Bükülebilen Kablolar .....            | 13   |
| 3.2. Genel İfadeler .....                  | 16   |
| 3.2.1. Gerilme .....                       | 16   |
| 3.2.2. Nominal Gerilmeler.....             | 17   |
| 3.2.2.1. Basit Gerilmeler .....            | 17   |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.2.2. Bileşik Gerilmeler .....                                              | 18 |
| 3.2.2.2.1. Normal Gerilmeler .....                                             | 18 |
| 3.2.2.2.2. Eğilme ve Burulma.....                                              | 19 |
| 3.2.3. Makine Elemanlarının Mukavemet Sınırları .....                          | 20 |
| 3.2.4. Burkulma .....                                                          | 20 |
| 3.3. Hidrolik Hesapları.....                                                   | 22 |
| 3.3.1. Hidrolik Devrelerin Ana Kısımları ve Elemanları.....                    | 22 |
| 3.3.2. Hidrolik Akışkanlar ve Hidrolik Akışkanlardan Beklenen Özellikler ..... | 24 |
| 3.3.2.1. Yağlama ve aşınmayı önleme özelliği.....                              | 24 |
| 3.3.2.2. Vizkozite.....                                                        | 25 |
| 3.3.2.3. Vizkozite İndeksi.....                                                | 25 |
| 3.3.2.4. Vizkozitenin Basınca Bağlı Olarak Değişimi .....                      | 25 |
| 3.3.2.5. Malzemeye Uyumluluk .....                                             | 26 |
| 3.3.2.6. Yırtılmaya Karşı Dayanıklılık.....                                    | 26 |
| 3.3.2.7. Isı Değişimine Karşı Kararlılık .....                                 | 26 |
| 3.3.2.8. Oksitlenmeye Karşı Dayanıklılık .....                                 | 26 |
| 3.3.2.9. Düşük Sıkıştırılabilirlik .....                                       | 27 |
| 3.3.2.10. Düşük Isıl Genleşme.....                                             | 27 |
| 3.3.2.11. Düşük Köpük Oluşumu .....                                            | 27 |
| 3.3.2.12. Yağın Az Hava Tutması ve Yeterli Hava Tahliyesi.....                 | 28 |
| 3.3.2.13. Yüksek Kaynama Noktası ve Düşük Buhar Basıncı .....                  | 28 |
| 3.3.2.14. Yüksek Yoğunluk.....                                                 | 28 |
| 3.3.2.15. Yüksek Isı İletkenliği .....                                         | 28 |
| 3.3.2.16. Yüksek Dielektirik (Yalıtım) Özelliği.....                           | 29 |
| 3.3.2.17. Su Almama Özelliği .....                                             | 29 |
| 3.3.2.18. Yanmama Özelliği.....                                                | 29 |
| 3.3.2.19. Akışkanın, Buhar ya da Ayrışık Olarak Zehirleyici Olmaması .....     | 30 |
| 3.3.2.20. Paslanmaya Karşı Yüksek Koruma.....                                  | 30 |
| 3.3.2.21. Yapışkan Madde Oluşturmama.....                                      | 30 |
| 3.3.2.22. İyi Filtre Edilebilirlik.....                                        | 30 |
| 3.3.2.23. Diğer Yağlarla Uyumluluk ve Değiştirilebilirlik .....                | 31 |
| 3.3.2.24. Tortu Oluşturma .....                                                | 31 |
| 3.3.2.25. Bakım Kolaylığı .....                                                | 31 |



|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.2.26. Çevre Dostu .....                                            | 31 |
| 3.3.2.27. Düşük Maliyet ve Sürekli Bulunabilirlik.....                 | 32 |
| 3.3.3. Hidrolik Pompalar ve Pompa Seçimi .....                         | 32 |
| 3.3.4. Hidrolik Depolar ve Donanımları .....                           | 34 |
| 3.3.4.1. Doldurma Filtresi .....                                       | 34 |
| 3.3.4.2. Gösterge Seviyeleri .....                                     | 34 |
| 3.3.4.3. Tahliye Tıpası .....                                          | 34 |
| 3.3.4.4. Temizleme Kapağı .....                                        | 34 |
| 3.3.4.5. Emme Odası.....                                               | 35 |
| 3.3.4.6. Emme Borusu.....                                              | 35 |
| 3.3.4.7. Dönüş Hattı.....                                              | 35 |
| 3.3.4.8. Dönüş Odası.....                                              | 35 |
| 3.3.4.9. Dinlendirme Levhası .....                                     | 35 |
| 3.3.4.10. Filtre .....                                                 | 35 |
| 3.3.5. Hidrolik Motorlar ve Silindirler.....                           | 35 |
| 3.3.6. Hidrolik Güç Ünitesi .....                                      | 36 |
| 3.3.7. Hidrolik Akümülatörler (Biriktiriciler) .....                   | 37 |
| 3.3.7.1. Hidrolik Pompanın Arızalanması ve Elektrik Kesilmesi .....    | 37 |
| 3.3.7.2. Daha Fazla Akışkana İhtiyaç Duyulması .....                   | 37 |
| 3.3.7.3. Hidrolik Devrede Sızıntıların Olması.....                     | 38 |
| 3.3.7.4. Sistemde Hidrolik Şoklarının ve Titreşimlerinin Oluşması..... | 38 |
| <br>4. BÖLÜM                                                           |    |
| ÖZGÜN TASARIM.....                                                     | 39 |
| 4.1. Bariyer Ağı Boyutlandırma Prensipleri.....                        | 39 |
| 4.2. Ağ Kaldırma Sistemi Boyutlandırma Prensipleri .....               | 45 |
| 4.3. Ağ Kaldırma Sistemi Hidrolik Tasarımı .....                       | 51 |
| 4.3.1 Hidrolik Silindir Seçimi .....                                   | 51 |
| 4.3.2 Hidrolik Pompa Seçimi .....                                      | 53 |
| 4.3.3 Hidrolik Pompa İçin Gerekli Elektrik Motor Seçimi.....           | 53 |
| 4.3.4 Hidrolik Boruların Seçimi .....                                  | 53 |
| 4.3.5 Hidrolik Devre Blok Diyagramı .....                              | 54 |
| 4.3.6 Akü Tekrar Şarj Sistemi Blok Diyagramı .....                     | 55 |

## 5. BÖLÜM

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME..... | 58 |
| KAYNAKLAR.....                 | 60 |
| EK-1 .....                     | 62 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                 | 63 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1. Kanca (Hook) Bariyer Yakalama Sistemi. ....                         | 2  |
| Şekil 1.2. Ağ Bariyer Yakalama Sistemi. ....                                   | 3  |
| Şekil 2-1 Ağ Bariyer Sistemi.....                                              | 6  |
| Şekil 2-2 Çok Elemanlı Ağa Sahip Ağ Bariyer Yakalama Sistemi.....              | 7  |
| Şekil 2-3 Ağ Elemanları.....                                                   | 7  |
| Şekil 2-4 Uçak Ağ Girişleri.....                                               | 8  |
| Şekil 2-5 Uçak Ağ Giriş Anı .....                                              | 9  |
| Şekil 2-6 Prop Üzerindeki Ağ Şeritleri ve hasarlanmış Teker Kapağı .....       | 10 |
| Şekil 2-7 Tekli Ağ Elemanları ve Gruplandırılarak Sabitlenen Bariyer Ağı ..... | 10 |
| Şekil 2-8 Ağ Merkez Kanopinin Üzerinde.....                                    | 11 |
| Şekil 2-9 Aktif Pisti Kat Eden Ağ. ....                                        | 12 |
| Şekil 3-1 Bükülebilir Kablolarda Yük Dağılımı .....                            | 13 |
| Şekil 3-2 Bükülebilir Kablolarda Hal Parabol Yük Dağılımı .....                | 15 |
| Şekil 3-3 Cisimde Meydana Gelen İç Kuvvetler.....                              | 17 |
| Şekil 3-4 Şekil 3-4 Boyutlandırma İçin Kolan Burkulma Eğrisi .....             | 21 |
| Şekil 3-5 Mesnetleme Tiplerine Göre Burkulma Uzunlukları .....                 | 21 |
| Şekil 3-6 Hidrolik Devre Elemanlarının Kesit ve Sembolle Çizilmiş Resmi .....  | 23 |
| Şekil 4-1 Uçak Tipleri ve Teknik Özellikleri.....                              | 39 |
| Şekil 4-2 Yatay ve Dikey kolan Kopma ve Uzama Grafiği.....                     | 41 |
| Şekil 4-3 Uçağın Üzerine Dağılmış Tek Ağ Elemanı.....                          | 42 |
| Şekil 4-4 Çoklu ve Tekli Ağ Paneli .....                                       | 43 |
| Şekil 4-5 WM Dikişi.....                                                       | 44 |
| Şekil 4-6 Bariyer Ağı.....                                                     | 44 |
| Şekil 4-7 Bariyer Ağı Kaldırma Sistemi .....                                   | 45 |

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4-8 Ağı Taşıyan Kabloda Oluşan Gerilme .....          | 46 |
| Şekil 4-9 Kaldırma Direği Üzerine Gelen Kuvvetler .....     | 47 |
| Şekil 4-10 Direk Bağlantı Noktasına Gelen Kuvvetler.....    | 48 |
| Şekil 4-11 Direk Bağlantı Noktasına Gelen Dik Kuvvet .....  | 49 |
| Şekil 4-12 Kaldırma Direği Burkulma Şekli.....              | 50 |
| Şekil 4-13 Kaldırma Direğine Etki Eden Kuvvetler .....      | 51 |
| Şekil 4-14 Kaldırma Direği Kuvvet Diyagramı .....           | 52 |
| Şekil 4-15 Kaldırma Silindiri .....                         | 52 |
| Şekil 4-16 İndirme/Kaldırma Sistemi Blok Diyagramı .....    | 55 |
| Şekil 4-17 Akü Şarj Sistemi Blok Diyagramı .....            | 56 |
| Şekil 4-18 Ağ Kaldırma Sistemi Hidrolik Şeması .....        | 57 |
| Şekil 5-1 Ağ Bariyer Sistemi İle Uzay Mekiği Yakalama ..... | 58 |

**TABLÖLAR LİSTESİ**

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 4-1 Yatay ve Dikey kolan Kopma ve Uzama Değerleri .....                  | 41 |
| Tablo 4-2 2 Tasarım İçin Yatay ve Dikey Kolan Minimum Kopma Mukavemetleri .... | 42 |
| Tablo 4-3 Efektif Kullanılabilir Kopma Mukavemet Değerleri.....                | 42 |
| Tablo 4-4 Uçaklara Ait Ağırlık ve Enerji Kapasiteleri.....                     | 43 |
| Tablo 4-5 Yatay ve Dikey Kolan Ağırlık Değerleri .....                         | 45 |

## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

Savunma sanayi genel anlamda, bir ülkenin savunmasında ihtiyaç duyulan her türlü savunma teçhizatının üretimi ve hizmetlerin planlanması ile bütün endüstriyel iş kollarını kapsayan bir organizasyondur. [1]

Avcı (fighter) tipi savaş uçaklarının uçuş esnasında diğer uçaklara göre daha fazla manevra yapmaları hidrolik sistemlerinde daha fazla arıza oluşumuna neden olmaktadır. Fren sistemlerinin hiç çalışmaması veya kısmen çalıştığı durumlarda, yüksek hıza sahip bu uçaklar piste inmeyi başarsalar bile durma işlemini gerçekleştiremedikleri için pist dışına çıkmaktadır. Bu istenmeyen durum uçağa, kalıcı zararlar vererek, çoğu zaman infilak etmesine veya kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Havacılığın gelişmesine paralel olarak uçak yakalama işlemini sağlayan uçak durdurucu sistemlerde buna paralel olarak gelişmiştir.

Uçak yakalama sistemlerinde ana prensip uçağı hasarsız veya en az hasarla kurtarabilmektir. Bu amaçla hazırlanan yakalama tertibatlarına, havacılığın ilk dönemlerinden itibaren çok büyük önem verilmiştir.

Savunma sanayisinde kullanılan sistemlerin başlıca özelliği, müşterisinin daima savunma konularıyla ilgili resmi makamlar yani devlet olmasıdır. Devletler bu sanayi dalını; ileri teknolojiye ulaşabilmek, ülkelerindeki diğer sanayi dallarının gelişmesinde teknolojik anlamdaki önderliğinden yararlanmak ve silahlı kuvvetlerinin ihtiyaçlarını özgün biçimde ve ekonomik ölçeklerde karşılayabilecek güvenilir ürünlere sahip olabilmek ve bu sayede bağımsız politikalar uygulayabilmek için desteklemektedirler. [2]

Askeri amaçlı kullanılan uçak durdurucu (bariyer) sistemleri, sektör olarak sanayide çok fazla duyulmamıştır.

Türkiye'nin savunma sanayi üretimi ve dış satışları değerlendirildiğinde üretimin iç pazara göre ayarlandığı görülmektedir. [3] Türkiye savunma teçhizatı ile ilgili konularda ihtiyacının %20'sini kendisi üretmekte, %80'ini ise dışarıdan almaktadır. [4]

Yapılan tasarım çalışması ile ülkemiz ekonomisine bir nebze olsa katkıda bulunulması hedeflenerek söz konusu sistemlerden biri olan bariyer ağı ve kaldırma sisteminin tasarımı yapılmıştır.

Bir sistemin ortaya çıkarılması, birçok mühendislik aşamalarından geçilmesi ile mümkün olmaktadır. Genel olarak bir sistemin ortaya çıkarılması; konsept geliştirme, ön tasarım, detaylı tasarım, geliştirme, üretim ve inşa, kullanım ve destek gibi aşamaların gerçekleştirilmesi ile sağlanır. [5]

Hv.K.K.lığı Sistem Mühendisliği temel görevlerinden biride lojistik sistemin dışa bağımlılığını azaltmak, bu maksatla sorumlu olunan silah sistemlerinin ve elemanlarının yurtiçi imalat kabiliyetini kazanmak ve ülke şartlarına uyarlamaktır. [6]

Uçağı yakalamada temel iki yöntem vardır, birincisi uçağın arka tarafına monte edilmiş bir kanca (hook) (Şekil 1.1.) vasıtasıyla uçağı fren sistemiyle irtibatlandırmak, ikincisi ise uçağı gövde ve teker dikmelerinden sararak (Şekil 1.2.) fren sistemiyle irtibatlandırarak yakalamaktır. Birinci yöntemi icra etmek için pisti enine geçen 1 veya 1¼ inç. kalınlığında bir çelik halatın pist boyunca yaklaşık 10 cm. yüksekliğindeki diskler üzerinde piste serilmesi gerekir.



Şekil 1.1. Kanca (Hook) Bariyer Yakalama Sistemi.

İkinci yöntemde ise enerji emici fren sistemi ile durdurulmasını sağlamak için uçağı gövdeden ve teker dikmelerinden sararak kavrayan bir ağ sisteminden faydalanılır. Ağ bariyer sistemleri yapısal olarak iki ana gruba ayrılmaktadır;

- Bariyer Ağı
- Bariyer Ağı Kaldırma Sistemleri



Şekil 1.2. Ağ Bariyer Yakalama Sistemi.

Bariyer ağı ve ağ kaldırma sistemleri de kendi içinde sınıflandırılmışlardır. Bariyer ağları genellikle yakaladıkları uçak tipine göre imal edilmiş ve bu kapsamda T-15, T-30, TT-30 ve HP20 gibi isimlerle adlandırılmışlardır. Ağ malzemelerinde temel hedef, uçak yakalama esnasında uçağa minimum zarar vererek uçağı yakalama işlemini gerçekleştirmektir. Bu amaçla tekstil malzemelerinden polyester, naylon gibi malzemeler tercih edilmiştir. Bunlardan uzama oranı ve kopma değeri daha iyi olan naylon 6.6 diğerlerine göre daha fazla tercih edilmiştir. Ağ kaldırma sistemleri ise elektrikli, pnömatik ve hidrolik olmak üzere başlıca üç tip olarak imal edilmişlerdir.

Uçak durdurucu sistemlerle ilgili tanımlamalar yapacak olursak;

“Bariyer” kelimesinin kullanımı, uçağı durduracak bir çeşit ağ kullanan komple bir durdurma sistemini kasteder.

“Yakalama Sistemi” uçağın yakalanması ve sınırlar arasına alınmasında kullanılan teçhizatı kasteder. Bu, komple durdurma sisteminin bir alt sistemidir.

“Ağ” uçağın tamamını veya bir kısmını sınır içine alan uçağı yakalayan özel teçhizatı kasteder. Ağ, uçağı yakalar ve geciktirme kuvvetlerini frenleme sisteminden uçağa aktarır.

Yaptığımız çalışma ile uçak yakalama sistemlerinden biri olan bariyer ağı ve hidrolik ağ kaldırma sistemi tasarım ve tasarım hesapları sunulmuştur.



## **2. BÖLÜM**

### **BARİYER AĞI VE AĞ BARİYER SİSTEMLERİ**

Uçak yakalama sistemlerinde ana prensip uçağı hasarsız veya en az hasarla kurtarabilmektir. Bu amaçla hazırlanan yakalama tertibatlarına, havacılığın ilk dönemlerinden itibaren çok büyük önem verilmiştir. Ancak daha ziyade askeri amaçlı kullanılan uçak durdurucu (bariyer) sistemleri, sektör olarak sanayide çok fazla duyulmamıştır. Bunun en önemli nedeni özellikle ülkemizde TSK’da bile sadece Hava Kuvvetleri tarafından kullanılan bir sistem olması, diğer ne resmi ne de sivil kuruluşlar tarafından söz konusu sistemlerin kullanılmamasıdır. Söz konusu durum diğer pek çok dünya ülkesi içinde geçerlidir.

Bariyer ağı kaldırma sistemleri günümüzde, inşaat sektörü, ağır sanayi, limanlar ve gemilerde oldukça sık kullanılan ve bu sektörlerin vazgeçilmez iş makinelerinden sayılan krenler (vinçler) gibi de düşünülebilir. [7] Krenler öteleme ve dönme hareketlerini yapacak düzeneklere sahip, yükleri istenilen yöne taşıyabilen kaldırma elemanlarıdır. [8]

Krenler üzerine Demirsoy ve Zeren kafes giriş boumlu bir kule krenini I-Deas yazılımını kullanarak modellemiş ve üzerindeki gerilme dağılımlarını farklı yük konumları için incelemiştir. [9] Mercan yaptığı küçültülmüş prototip model üzerindeki deneysel çalışmada Ansys sonlu elemanlar yazılımı kullanarak örnek bir köprü krendeki gerilme dağılımlarını deneysel ve sonlu eleman çözüm sonuçlarıyla incelemiş ve doğrulamıştır [10].

Ağ bariyer kaldırma sistemine benzer bir çalışma olmasa da H.Sarı’nın “Ekskavatörlerin Hidrolik Tasarımlarına Esas Olacak Temel Parametrelerin Belirlenmesi ve Teknik ve Ekonomik Yönden Optimum Hidrolik Elemanların Seçilmesi” çalışması, hidrolik devre elemanlarının seçilmesi açısından örnek alınabilecek bir çalışmadır. [11]

1980’li yıllarda ülkemizde pnömatik sistem bariyer ağı kaldırma sistemleri üretimi yapılmış olsa da, hidrolik sistem ağı kaldırma sistemi tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmemiştir.

Uçak durdurucu bariyer ağı ve ağı kaldırma sistemi ile ilgili daha önce yapılan bir akademik çalışmaya rastlanılmamıştır. Amerika Birleşik Devletleri tarafından verilen United States Patent US3128972, US3738599, US4056247 numaralı çalışmalar incelendiğinde;

12 Haziran 1962’de United States Patent US3128972’e göre cihaz yatay bir pozisyondan dikey bir pozisyona yükseltilebilen bir ağı ve kabloların, ağı yükseltilmiş pozisyonunda ağı sınırlama elemanları olarak görev yapacak ve indirilmiş pozisyonda iniş yapan uçağın kuyruk kısmından sarkan bir yakalama kancasını yakalama aracı olarak görev yapacak şekilde düzenlenmiş kombinasyondan meydana gelir. [12]

12 Haziran 1973’de US3738599’a göre uçak yakalama işleminde kullanılan yatay ve dikey kolanlardan oluşan bir ağı, düzgün dağılmış bir yükün tüm ağı vasıtasıyla uçağı bir durdurma sistemi ile birlikte kullanılacağı anlatılmıştır. [13]

1 Kasım 1977’de Patent US4056247’e göre ise pnömatik bir silindir yardımıyla kaldırılan bir ağı kaldırma sisteminin patenti alınmıştır. [14]

US2859928 [15], US3622107 [16], US3058703 [17] numaralı patentlerde ise ağı bariyer sistemlerinin pist üzerinde daha elverişli kullanımı için geliştirilen aparatlar tanımlanmıştır.

## 2.1. Bariyer ağı

Bariyer ağı, uçağı gövdeden sararak durdurma işlemini gerçekleştirdiği için, frenleme sisteminin bir parçası gibi mukavemet hesaplarının yapılması gerekir. Uçağın hareket halindeki enerjisinin, bariyer sistemi ile frenlenmeye başlamasından itibaren, uçak tarafından oluşan enerji durdurma sistemi elemanlarına da yansımaya başlar. Uçakta oluşan enerji;

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.1)$$

formülünden hesaplanır. Oluşan sürtünme ve çarpışma kayıpları ihmal edilmiştir. [18]

Mevcut uçak durdurma sistemleri, bir durdurma esnasında uçağı yakalamak ve zapt etmek için ağlar, hook kabloları veya her ikisinden oluşan sistemleri kullanırlar.

Araziye kurulu sistemler için ağ tasarımları, ilk defa Borgs Fabric (şimdiki adı Befab Safeland Shannon, İrlanda) tarafından tek elemanlı ağlar (Single Element Nets=SEN) olarak yapılmıştır. Modern çok elemanlı ağların (Modern Multiple Elements Nets=MEN) kaynağı Fransız Hava Kuvvetleri tarafından hook'suz uçaklar için kullanılan Aerazur ağ bariyerleridir.

Ağ kullanımı hook'larla donatılmış uçakları içerecek şekilde genişletilmiştir. Mevcut ağ bariyer sistemleri, genelde pistin üzerine kurulu hook kablo sistemine yardımcı "ikinci" durdurma sistemi olarak pistin sonuna kurulmuşlardır.

Pist sonuna yerleştirilmiş olan ağlar, uçağın muhakkak durması gereken acil bir durum için pozitif bir durdurma vasıtasıdır. Ağ bariyerler, normal kalkış, taksi ve iniş işlemleri esnasında uçağa veya ağa hasarı önleyecek şekilde, özellikle pist sonu bölgesine yerleştirilmiş tek yönlü sistemlerdir.



Şekil 2-1 Ağ Bariyer Sistemi

Ağlar istiflenmiş olarak bırakılabilir veya pist üzerinde yatık olarak düz gerdirilir ve çektilerilebilir. Yatık konumda düzgün gerdirilmiş ve çektilerilmiş durumda iken, ağ uçak için bir engel değildir. Bu tercih edilen bir montaj metodudur. Tekerlerin dönüşünün ağa zarar vermesini önlemek açısından, pist yüzeyine serili ağın üzerine uçak inişinden kaçınılmalıdır. Gevşek ağın üzerine uçak inişine kesinlikle müsaade edilmemelidir.

## 2.2. Ağ Bariyer Sistemleri

Modern ağ bariyer sistemleri, uçağı yakalamada "çok elemanlı ağ" kullanırlar. Çok elemanlı ağ tabiri montajda bir arada toplanmış, yakalamada ise tek başına elemanlara

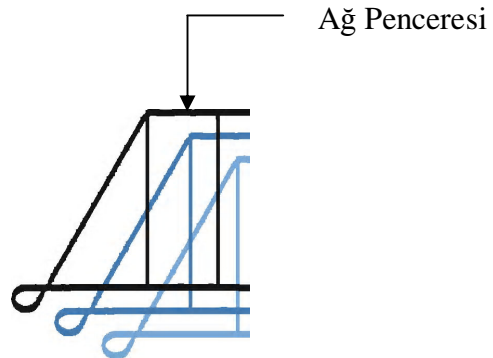
ayrılmış ağlar için kullanılan özel bir terimdir. Elemanların ayrılması uçağın etrafındaki durdurma kuvvetlerini dağıtır ve olası hasarları azaltır.

Yükleri dağıtmayan ağlar genellikle hız sınırlamalarına sahiptir veya bazı uçaklar için özellikle tasarlanmıştır. Bunlar, çeşitli uçak konfigürasyonları ile genel kullanım için gereken ihtiyaçları karşılamazlar.



Şekil 2-2 Çok Elemanlı Ağa Sahip Ağ Bariyer Yakalama Sistemi

Gerekli elemanların sayısı, durdurulacak olan değişik tiplerdeki uçakların sayısı tarafından belirlenir. Her eleman, uçağı yakalamak durumunda olan pencerelerin sayısından oluşmaktadır. Küçük uçaklar, küçük pencereye ihtiyaç duyarlar. Geniş uçaklar ise geniş pencereye daha uygundur. Her iki tip uçak söz konusu olduğunda, elemanların sayısı gerekli pencereleri temin edecek şekilde arttırılmalıdır. Bazı ağlar, iki ağ makarasına sarılacak kadar elemana ihtiyaç duyar.



Şekil 2-3 Ağ Elemanları

### 2.3. Ağ Malzemesi

Çok elemanlı ağların büyük çoğunluğu, enerjinin emilmesi ve yükün dağılımı için naylondan yapılmıştır. Naylon örgü, ultraviyole ışının yıpratmasının azaltılması, ilave sürtünme direnci sağlanması ve naylon ömrünün uzatılması için koruyucu kaplama malzemeleri (reçine) ile kaplanmalıdır.

Tüm çok elemanlı ağlar, ağın kullanım ömrünü belirlemede kullanılan bir dizi test şeridi ile birlikte temin edilmelidir. Naylonun dayanıklılığı, yöresel ekolojiye bağlı olarak güneş ışığında, değişik oranlarda azalır. Aynı ağ, aynı pist üzerinde bile özel jeografik konumuna bağlı olarak değişik kullanım ömürlerine sahip olabilir.

### 2.4. Ağ Ömrü

Tahmini ağ ömrü, ağın montajına, yerel çevre şartlarına ve pistin kullanımına bağlıdır. Ağların büyük çoğunluğunun, örgüdeki ultraviyole ışıklarının yıpratmasına bağlı olarak üç (veya daha fazla) yıllık ömrü olması beklenebilir. Tüm ağlar, ultraviyole ışıklarının ömrünün kullanım süresince gözlemlenmesi için yeteri kadar test şeridine sahip olmalıdır. Şeritler altı ayda bir kopma testine tabi tutulur.

Ultraviyole ışıklarının yıpratması dışında başka etkenlerde ağ ömrünü azaltmaktadır. Güçlü rüzgarlar, ağ elemanlarını ve dikişi aşındırmaktadır. Pistin üzerinde kullanılan kimyasallar naylon ile uyumlu olmayabilir. Motor çalışması ağı piste bağlayan elemanlardan gevşetir ve yıpranmayı artırır. Genellikle beş yıllık maksimum kullanım ömrü tavsiye edilmektedir. Bu noktada ağ atılmalı ve yeni bir ağ ile değiştirilmelidir.

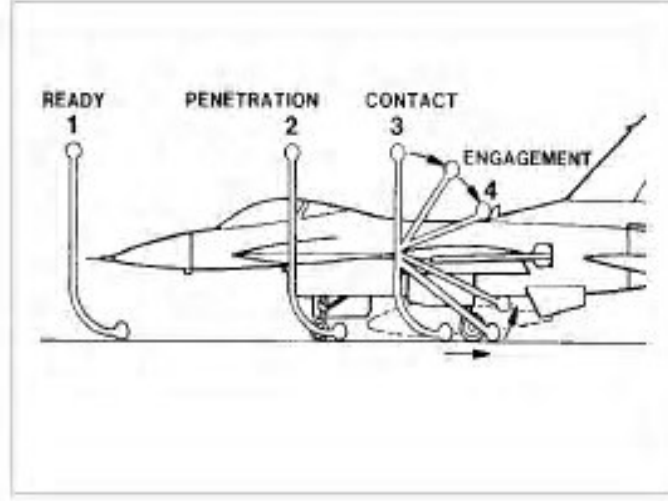
### 2.5. Uçak Girişi

Tüm durdurma sistemlerinde olduğu üzere, pilot sistemi mümkün olduğu kadar ağa dik temas sağlamak ve direksiyon yapmaktan veya uçağı frenlemekten kaçınmak durumundadır.



Şekil 2-4 Uçak Ağ Girişleri

Doğru olarak tasarlandığında ve kurulduğunda, uçağın ön dikmesi elemanlar ayrılmadan ve uçağın üzerine yerleşmeden önce, al ağ şeridinin üzerinden geçecektir.



Şekil 2-5 Uçak Ağ Giriş Anı

Ön dikmenin üzerinden geçmesinden önce, eğer ağ elemanına temas eden prop veya bir ek varsa, bu eleman ağın diğer elemanlarından ayrılacaktır. Birkaç elemanın burun dikme üzerine gelmesi mümkün olmakla birlikte bir veya iki elemana aktarılan yükler burun dikmesini durdurmak için yeterli olmayabilir. Eğer daha fazla eleman yakalanırsa, bu durumda burun dikmesinin durdurulması ihtimali artar. Bu nedenle, ağ üreticisi ve kullanıcısının ağ tasarımının uçak ile uyumlu olmasını sağlamaları gerekmektedir.

Uçak ağın içerisinde ilerledikçe, elemanlar ayrılır ve kanat bölgesi ile ana dikme boyunca dağılırlar.

Durdurmadan sonra, uçak geriye doğru çekilerek ağdan ayrılır. Eğer gerekliyse, uçağı serbest hale getirmek için bazı şeritler kesilmek zorunda kalınabilir. Durdurmanın şartlarına ve kesilen şeritlerin sayısına bağlı olarak, bu elemanlar tamir edilebilir ve ağ yeniden kullanılabilir.

## 2.6. Muhtemel Hasar

Uçağın tasarım yapısına bağlı olarak, uçağı bir miktar hasar olması mümkündür. Genellikle hasar, burundaki proplara veya eklere, ana dikmenin kapaklarına veya hücum kenarları ile sınırlıdır. Uçak ile uyumlu uygun tasarlanmış ağ bu hasarı en aza indirir veya tamamen ortadan kaldırır.



Şekil 2-6 Prop Üzerindeki Ağ Şeritleri ve Hasarlanmış Teker Kapağı

Uçağa olabilecek muhtemel hasar, uçağın düşük süratte ağın içinde çekilerek ilerlemesiyle veya model uçakla değerlendirilebilir. Uçak ağın içinde ilerlerken, ağ şerit yerleşim yerleri gözlenir ve bir hasar değerlendirmesi yapılır.

## 2.7. Tasarım Özellikleri

Çok elemanlı ağlar, birçok değişik konfigürasyonda üretilir. Her biri, uçak konfigürasyon dizisine ve ağırlığına göre özel olarak tasarlanır. Ağın uçak ile uyumlu olması çok önemlidir. Bir ağ tek başına ne kadar çok uçak konfigürasyonu durdurabilirse, ağın kullanıcıya o kadar fazla yararı olur. Uçak uygunluğunun artması, kullanıcıya tek bir tasarım üzerinde standardize etme esnekliğini, hava kuvvetlerinin ortak tatbikatlarını yapmasını ve gelecekteki uçak konfigürasyonlarına uyumu sağlar.

## 2.8. Ağ Yapısı

Tekli ağ elemanlarının gruplandırılmasından oluşan çok elemanlı ağlar, komple bir ağ oluşturur.



Şekil 2-7 Tekli Ağ Elemanları ve Gruplandırılarak Sabitlenen Bariyer Ağı



Bir ağın çok elemandan yapılmasının ana nedeni, değişik tiplerdeki modern uçaklarla uyumu temin etmek içindir. Mevcut uçaklar yüksek kalkış ve iniş hızlarına karmaşık kanat tasarımı ve çok çeşitli harici yüklere sahip olabilir. Tekli elemanlar, uçak gövdesinin üzerindeki durdurma sistem yükünü ayarlar ve uçağa olabilecek lokal hasarları azaltır. Uçak ağa girdiği zaman, elemanlar ayrılır ve kanatlar ile ana iniş dikmesi boyunca uçağın üzerine yerleşir. Yükler ne kadar etken olarak dağıtılırsa, yeterli yüke sahip bir elemanın uçağa zarar verme şansı o kadar düşük olur.

Çok elemanlılar, tasarımcının birden fazla tip uçağa uygun tekli elemanlar tasarlanmasına müsaade eder. Bununla birlikte, bu durum hem ihtiyaç duyulan elemanların sayısını, hem de ihtiyaç duyulan ağın maliyetini arttırabilir. Ağların eleman sayısı genelde 15 ile 40 elemana kadar değişir.

Özet olarak, kaliteli bir ağ mümkün olduğu kadar fazla uçak tipine ve harici yüklere uyumlu olacak, frenleme yükünü uçağın gövdesine dağıtacak kadar yeterli elemana sahip olacak ve bu işlevi yerine getirmek için mümkün olduğu kadar az sayıda elemana sahip olacaktır.

30 elemanlı yüksek performans serisi ağlar, dünyadaki taktik savaş uçaklarının çoğunu kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. 40 elemanlı ağlar ise, maksimum ağırlıktaki taktik uçakların operasyonel ihtiyacı olduğunda ilave güvenlik teminini sunmaktadır.

## 2.9. Yükseklik

Ağın merkezinin yüksekliği, bir durdurma esnasında uçak kanopisinin açılmasına yetecek kadar olmalıdır. Tercihen en üstteki şeridin durdurma esnasında kesinlikle kanopiye temas etmemesi gerekmektedir. Kanopiye temas eden örgü yüzeyi çizilebilir. (Yumuşak bir şeyle çizikler silinebilir.)



Şekil 2-8 Ağ Merkez Kanopinin Üzerinde.



**2.10. Genişlik**

Ağ, pistin aktif bölümünü kaplamalıdır. (Korumalıdır) Uygun bir durdurma sistemine bağlandığında, uçak aktif pistin herhangi bir yerindeki ağa girebilmeli ve başarılı bir durdurmayı yapabilmelidir.

**2.11. Eleman Sayısı:**

İhtiyaç duyulan elemanların sayısı, uçağa ve üreticinin tasarımına bağlıdır. Daha çok eleman, taşınması ile kurulması daha zor ve daha ağır ağ demektir. [19]



Şekil 2-9 Aktif Pisti Kat Eden Ağ.

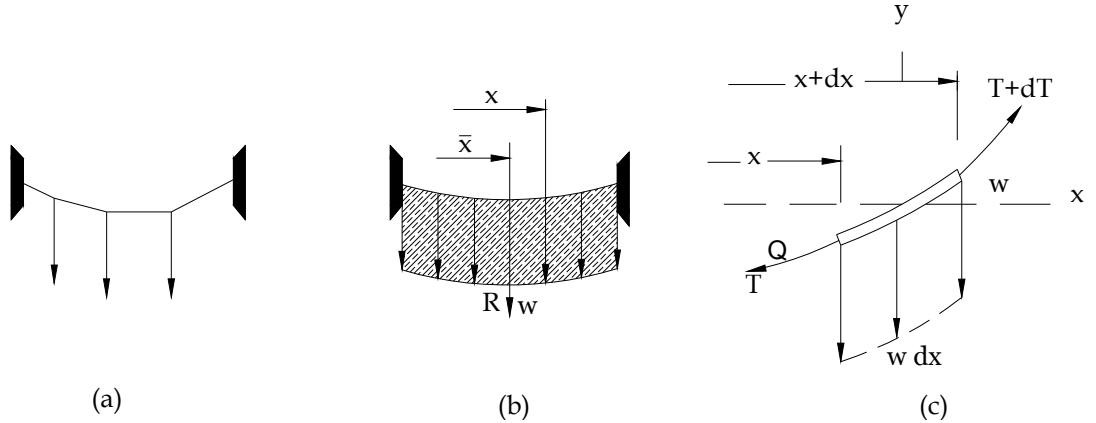
### 3. BÖLÜM

#### KALDIRMA SİSTEMİ MUKAVEMET HESAPLARI

##### 3.1. Bükülebilir Kablolar

Taşıyıcı elemanların önemli bir tipi de, bükülebilir kablolardır ve bunlar asma köprüler, transmisyon halatları, yük boşaltma makinelerinde veya telefon hatlarındaki destek kablosu olarak ve diğer birçok alanda kullanılırlar. Bu taşıyıcı elemanların bilinmesi gerekir. Bu ifadeler, kabloyu denge halindeki bir cisim olarak düşünerek incelenir. İncelemelerde, kabloya eğilme verecek dirençlerin ihmal kabul edilir. Bu kabulün manası kablo kuvvetinin daima kablo doğrultusunda olduğudur.

Bükülebilir kablolar Şekil 3-1-a'da görüldüğü gibi tekil yükleri veya Şekil 3-1-b'de  $w$  değişken şiddeti ile gösterilen yayılı yükleri taşırlar. Bazı örneklerde kablo ağırlığı, diğer kuvvetler yanında küçük olduğundan ihmal edildiği gibi, bazı hallerde kablo ağırlığı tesir eden tek kuvvet veya diğer kuvvetlere ilave olarak hesaba katılırlar.



Şekil 3-1 Bükülebilir Kablolarda Yük Dağılımı

Bu şartların kabulünden sonra kablonun denge durumu aynı şekilde ifade edilir. Eğer kabloya şekil 3-1-b'de görüldüğü gibi, yatay  $x$  uzunluğu boyunca  $w$  kg/cm lik bir yayılı yük tesir ederse, düşey  $R$  bileşke kuvveti;

$$R = \int dR, \quad R = \int w dx \quad (3.1)$$

şeklindedir ve integral, istenen uzunluk boyunca alınır.  $R$  bileşkesinin tatbik noktasının mesafesi moment alınarak bulunur.

$$R_x = \int x dR, \quad \bar{x} = \frac{\int x dR}{R} \quad (3.2)$$

$dR = w dx$  kuvvet elemanı, düşey uzunluğu  $w$  olan boyu  $dx$  kadar olan ve yük diyagramında taralı olarak gösterilen alandır.  $R$  ise, bu alanların toplamıdır. Buradan anlaşılır ki  $R$ , taralı alanın ağırlık merkezinden geçer.

Kablunun her elemanı dengede ise, kabloda denge şartlarını sağlıyor demektir. Bu diferansiyel elemanın, serbest cisim diyagram, Şekil 3-1-c'de görülmektedir. Herhangi bir  $x$  mesafesinde, kablodaki kuvvet  $T$  ve kablunun, yatay  $x$ -ekseni ile yaptığı açı  $\theta$ 'dır.  $x + dx$  mesafesinde ki kesitte kuvvet  $T + dT$  ve kablunun yatayla yaptığı açı  $\theta + d\theta$ 'dır.  $x$ 'in pozitif artmaları sonunda  $\theta$  ve  $T$ 'de ki değişmeyi pozitif alıyoruz. Düşey yük  $w dx$  serbest cisim diyagramını tamamlar. Düşey ve yatay kuvvetlerin dengesi sırasıyla,

$$(T + dT) \sin(\theta + d\theta) = T \sin \theta + w dx \quad (3.3)$$

$$(T + dT) \cos(\theta + d\theta) = T \cos \theta \quad (3.4)$$

şeklindedir. Sinüs ve kosinüs açılımlarının iki açı toplamı için ifadelerinde  $\sin d\theta = d\theta$  ve  $\cos \theta = 1$  kabul edilip,  $d\theta$ 'nın sifıra yaklaşması halinde, denge denklemlerinde basitleştirme yapılırsa:

$$d(T \sin \theta) = w dx \quad \text{ve} \quad d(T \cos \theta) = 0 \quad (3.5)$$

bulunur. İkinci bağıntı kablo kuvvetinin yatay bileşeninin sabit kaldığını gösterir. Bu, serbest cisim diyagramından da basitçe görülebilir. Bu sabit kuvvet  $T_0 = T \cos \theta$ , birinci denklemde yerleştirilirse,  $d(T_0 \tan \theta) = w dx$  elde edilir.

$$\tan \theta = \frac{dy}{dx}$$

konulursa denklem,

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{w}{T_0} \quad (3-6)$$

haline dönüşür.

(3-6) denklemi bükülebilir kabloların diferansiyel denklemidir.  $y = f(x)$  şeklindeki bir çözüm, diferansiyel denklemi ve kablunun, tespit edildiği iki ucundaki sınır şartlarını sağlar.

Şimdi (3-6) nolu diferansiyel denkleminin çözümü esas yükleme hali için incelenecektir.

### Hal Parabol:

Düşey yüklemenin  $w$  yoğunluğunun sabit olması hali, ağırlığı üniform olan bir asma köprüye örnek olarak verilebilir. Kablo ağırlığı  $w$  yatay doğrultuda üniform olarak dağılmamıştır, fakat bu küçüktür ve ihmal edilebilir. Bu sınır hal için kablo, bir parabol şeklindedir. Şekil 3-2’de, açıklığı  $L$ , sehimi  $h$  olan ve koordinat merkezi açıklığının ortasında alınan bir asma köprü görülmektedir.  $w$  ve  $T_0$  ’ın her ikisi de sabittir ve (2.6) nolu denklem,  $x$  e göre bir kere integre edilirse,  $C$  integral sabiti olmak üzere;

$$\frac{dy}{dx} = \frac{wx}{T_0} + C$$

bulunur. Koordinat eksenleri,  $x = 0$  da  $\frac{dy}{dx} = 0$  olacak şekilde seçilirse,  $C = 0$  olur.

Böylece;

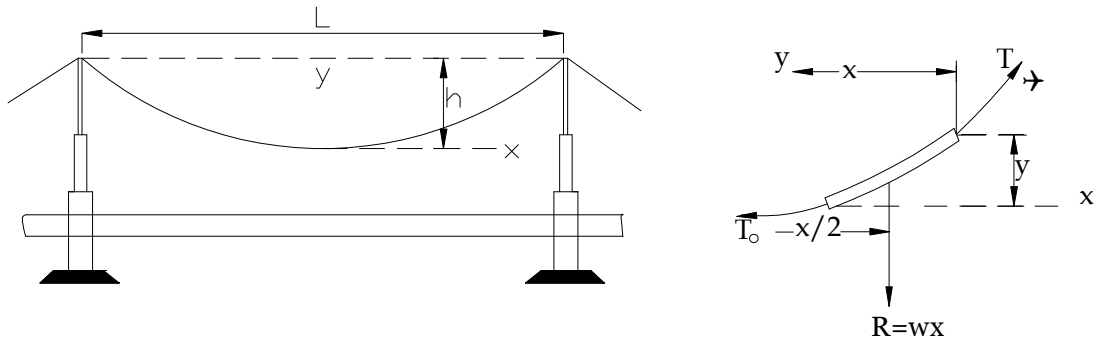
$$\frac{dy}{dx} = \frac{wx}{T_0}$$

ifadesi,  $x$  ’in fonksiyonu olarak eğrinin eğimini verir.

Bir kere daha integral alınırsa;

$$\int_0^y dy = \int_0^x \frac{wx}{T_0} dx \text{ veya } y = \frac{wx^2}{2T_0} \quad (3.7)$$

bulunur. (3.7) nolu denklem, düşey bir parabol ile, kablo eğrisini gösterir. Kablo kuvvetinin, sabit olan yatay bileşeni, koordinat merkezinde kablo kuvvetini verir.



Şekil 3-2 Bükülebilir Kablolarda Hal Parabol Yük Dağılımı

(3.7) nolu denklemde  $x = \frac{L}{2}$  ve  $y = h$  yerleştirilirse,

$$T_0 = \frac{wL^2}{8h} \quad (3.8)$$

ve

$$y = \frac{4hx^2}{L^2} \quad (3.9)$$

bulunur.  $T$  kablo kuvveti Şekil 3-2’de görülen sonlu bir kablo elemanının serbest cisim diyagramından bulunur. Bu da;

$$T = \sqrt{T_0^2 + w^2 x^2} \quad (3.10)$$

dir.  $T_0$  yok edilirse,

$$T = w \sqrt{x^2 + \left(\frac{L^2}{8h}\right)^2} \quad (3.11)$$

elde edilir. Maksimum kablo kuvveti,  $x = \frac{L}{2}$  de olur ve değeri;

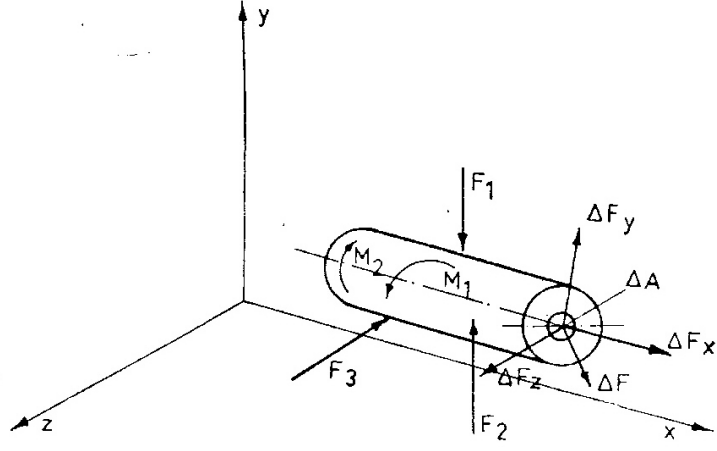
$$T_{\max} = \frac{wL}{2} \sqrt{1 + \frac{L^2}{16h^2}}, \text{ dır.} \quad [20]$$

## 3.2. Genel İfadeler

### 3.2.1. Gerilme

Mukavemet hesabının amacı, elamanın dış kuvvetlere karşı dayanmasını sağlamaktır. Dış kuvvetlerin ve momentin etkisi altında, cismin herhangi bir kesitinde, tepki olarak iç kuvvetler meydana gelir. Birim alanına isabet eden iç kuvvetlere gerilme adı verilir. Gerilmenin boyutu kuvvet olup, Şekil 3-3’e göre iç kuvvetin normal (kesit yüzeyine dik) bileşeninin ( $x$  – eksenine göre) meydana getirdiği gerilmeye normal gerilme denir ve  $\sigma$  ile ifade edilir.

$$\sigma = \frac{F}{A}, \text{ dır.} \quad (3.12)$$



Şekil 3-3 Cismde Meydana Gelen İç Kuvvetler

Kesit içine düşen (kesite teğetsel) bileşenin (y veya z eksenine göre) meydana getirdiği gerilmeye kayma gerilmesi adı verilir ve  $\tau$  ile gösterilir.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (3.13)$$

### 3.2.2. Nominal Gerilmeler

Nominal gerilemeler, mukavemet ve elastisite teorisinin ilkelerine göre hesaplanır. Burada mukavemet formüllerinin açıklamaları yerine yalnızca sonuçlar verilecektir. Sonuçla basit ve bileşik gerilme halleri için ayrı ayrı verilecektir.

#### 3.2.2.1. Basit Gerilmeler

Basit gerilme hali; çekme-basma, kesme-makaslama, eğilme ve burulma olmak üzere başlıca dört zorlamadan meydana gelmektedir. Bu zorlamaların nominal gerilmeleri aşağıda verilen bağıntılara tayin edilir.

**Çekme ve Basma** :  $\sigma_{\xi} = \frac{F}{A} ; \sigma_b = -\frac{F}{A} \quad (3.14)$

**Kesme** :  $\tau_k = \frac{F}{A} \quad (3.15)$

$$\text{Eğilme} : \sigma_e = \frac{M_e}{W} ; W = \frac{I}{e_{\max}} \quad (3.16)$$

$$\text{Burulma} : \tau = \frac{M_b}{W_p} ; W_p = \frac{I_p}{e_{\max}} \quad (3.17)$$

Bu bağlantılarda;

F – kuvvet

Me – eğilme momenti Mb – burulma momenti

A- kesit alanı

I – eylemsizlik momenti

Ip – kutupsal eylemsizlik m.

W – eğilme direnç momenti Wp – burulma direnç m.

e<sub>max</sub> – tarafsız eksenenden dış  
ipciğe kadar olan mesafe

ayrıca (+) işareti çekme, (-) işareti basma hallerini ifade etmektedir.

### 3.2.2.2. Bileşik Gerilmeler

Bileşik gerilme hallerinde hesabın esası **eklenme (süperpozisyon)** ilkesine dayanır. Buna göre gerilmeler basit gerilmeler gibi ayrı ayrı hesaplanır ve sonuçlar, belirli bir kurala göre birleştirilir. Genel olarak kuvvet ve momentlerin etkisi altında iki çeşit bileşik gerilmeler meydana gelir;

- (a) Aynı çeşit gerilmeler; normal gerilmeler (çekme ve eğilme) veya kayma gerilmeleri (kesme ve burulma)
- (b) Farklı çeşit gerilmeler; örneğin normal ve kayma gerilmeleri (eğilme ve burulma)

#### 3.2.2.2.1. Normal Gerilmeler

Eleman çekme ve eğilemeye zorlandığı varsayılırsa, öncelikle (3.14 ve (3.16) bağıntıları ile çekme ve eğilme gerilmeleri hesaplanır ve daha sonra bu iki gerilme vektöryel olarak toplanır. Bu durumda toplam gerilme, çekmeye zorlanan üst iplikçikte;

$$\sigma_{\zeta top} = \sigma_{\max} = \sigma_{\zeta} + \sigma_e = \frac{F}{A} + \frac{M_e}{W} \quad (3.18)$$

ve basmaya zorlanan alt iplikçikte;

$$\sigma_{b top} = \sigma_{\min} = \sigma_{\zeta} - \sigma_e = \frac{F}{A} - \frac{M_e}{W} \quad (3.19)$$

şeklinde bulunur. Eleman basma ve eğilmeye zorlandığında toplam gerilmeler;

$$\sigma_{\zeta top} = \sigma_{\min} = \sigma_b - \sigma_e \text{ ve } \sigma_{\zeta bot} = \sigma_{\max} = \sigma_b + \sigma_e \quad (3.20)$$

olur.

### 3.2.2.2.2. Eğilme ve Burulma

Bu durumda da ilkin (3.16) ve (3.17) bağıntıları ile eğilme ve burulma gerilmeleri hesaplanır. Daha sonra belirli bir mukavemet varsayımına göre birleştirilir ve kontrol hesabı için eşdeğer gerilme ve boyutlandırma için eşdeğer moment bulunur. Mukavemet veya kopma varsayımları dört ana gruba toplanabilir.

**1- Maksimum normal gerilme varsayımı:** Bu varsayıma göre eşdeğer gerilme ve eşdeğer moment

$$\sigma_B = 0,5\sigma + 0,5\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad ; \quad M_B = 0,5M_e + 0,5\sqrt{M_e^2 + M_b^2} \quad (3.21)$$

şeklinde yazılır.

**2- Maksimum şekil değiştirme varsayımı:** Buna göre eşdeğer gerilme ve eşdeğer moment

$$\sigma_B = 0,35\sigma + 0,65\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad ; \quad M_B = 0,35M_e + 0,65\sqrt{M_e^2 + M_b^2} \quad (3.22)$$

bağıntısı ile tayin edilir. Bu teoriye göre  $\tau$  ile  $\sigma$  arasında  $\tau = \frac{\sigma}{1,3}$  bağıntısı vardır.

**3- Maksimum kayma gerilmesi varsayımı:** Bu durumda eşdeğer gerilme ve eşdeğer moment

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad ; \quad M_B = \sqrt{M_e^2 + M_b^2} \quad (3.23)$$

şeklinde yazılır. Bu teoriye göre  $\tau = 0,5\sigma$  dır.

**4- Maksimum biçim değiştirme enerjisi varsayımı:** Burada eşdeğer gerilme ve eşdeğer moment

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad ; \quad M_B = \sqrt{M_e^2 + 0,75M_b^2} \quad (3.24)$$

bulunur. Bu teoriye göre  $\tau = 0,577\sigma$  dır.

Bu varsayımlardan pratikte en çok uygulananları, maksimum kayma ve biçim değiştirme enerjisi varsayımlarıdır.



### 3.2.3. Makine Elemanlarının Mukavemet Sınırları

Makine elemanları, şekil, yüzey ve boyut bakımından deney çubuklarından farklıdır. Bu nedenle makine elemanlarının mukavemet sınırının tayininde, malzemenin mukavemet sınırının yanı sıra çentik ( $K_\epsilon$ ), yüzey pürüzlülüğü ( $K_y$ ) ve boyut ( $K_b$ ) gibi etkiler göz önünde bulundurulur. [21]

Statik zorlamada Emniyet Katsayısı ve  $\sigma_{em}$

$$S = \frac{\sigma_{AK}}{\sigma} \quad ; \quad S = \frac{\tau_{AK}}{\tau} \quad (3.25)$$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{AK}}{S} \quad ; \quad \tau_{em} = \frac{\tau_{AK}}{S} \quad (3.26)$$

Değişken zorlamada Emniyet Katsayısı ve  $\sigma_{em}$

$$\sigma_D^* = \frac{K_y K_b}{K_\epsilon} \sigma_D \Rightarrow S = \frac{\sigma_D^*}{\sigma_g} = \frac{K_y K_b}{K_\epsilon} \cdot \frac{\sigma_D}{\sigma_g} \quad ; \quad \sigma_{em} = \frac{\sigma_D}{S} \cdot \frac{K_y K_b}{K_\epsilon} \quad (3.27)$$

### 3.2.4. Burkulma

Bir makine elemanının seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli karakteristiklerden biride stabilite'dir. Karşılaşılan problemlerde, verilen konum veya deformasyonun mümkün olup olmadığını belirleyen ek kritik parametrelerin bulunmasıdır. Sezgiye dayanan basit bir örnek olması açısından, çapı D olan ve eksenel basınç kuvvetine maruz kalmış bir çubuk düşünüldüğünde, kolan olarak çalışan bu çubuğun boyu eğer D kadar olsaydı hiçbir stabilite sorunu olmayacak, dolayısı ile kısa elemanlar ile önemli miktarda yük taşınabilecekti. Diğer taraftan aynı çubuğun yüksekliği çapın birkaç katı veya daha fazla olsaydı ikinci halde çubuğun taşıyacağı yük oldukça küçük olacaktır. Daha doğru bir deyimle bu çubuk daha küçük bir yük altında yana doğru burkularak kırılacaktır. [22]

Bu nedenle elastik çubukların burkulması ile ilgili problemlerin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılır.

$F$  : Çubuğa etkiyen yük.

$\sigma_p$  : Basmada orantılılık sınırı.

$F_{kr}$  : Burkulmada kritik yük.

$A$  : Kesit alan.

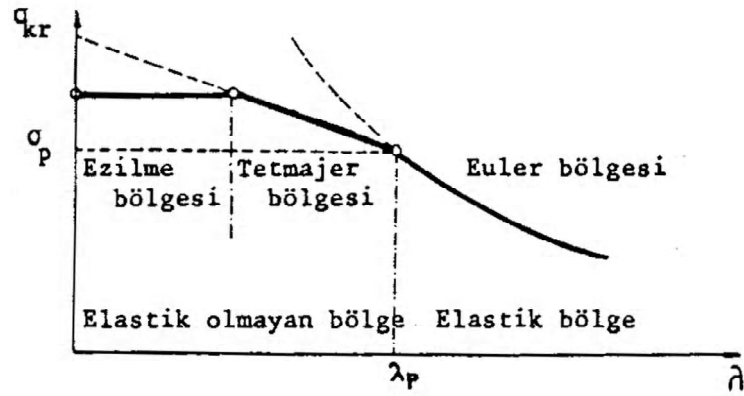
$\sigma_{kr}$  : Burkulmada kritik gerilme.

$I$  : Kesit eylemsizlik momenti.

Emniyet Katsayısı ;  $S = \frac{F_{kr}}{F}$  (3.28)

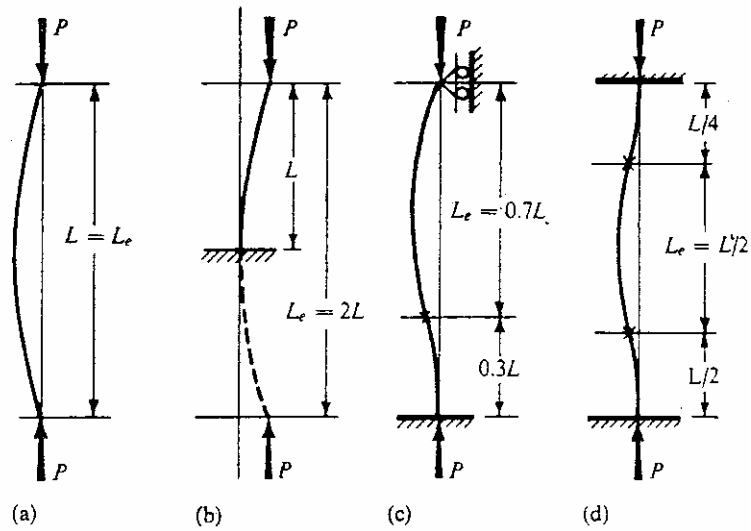
Eylemsizlik Yarıçapı ;  $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$  (3.29)

Narinlik Derecesi ;  $\lambda = \frac{l_{kr}}{i_{\min}}$  (3.30)



Şekil 3-4 Boyutlandırma İçin Kolon Burkulma Eğrisi

EULER BÖLGESİ: ( $\lambda > \lambda_p$  HALİ)



Şekil 3-5 Mesnetleme Tiplerine Göre Burkulma Uzunlukları

$$\lambda_p = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_p}} \quad F_{kr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l_{kr}^2} \quad \sigma_{kr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (3.31)$$

St37 için  $\lambda_p = 105$

St42...50  $\lambda_p = 89$

St52  $\lambda_p = 85$

TETMAJER BÖLGESİ: ( $\lambda < \lambda_p$  HALİ)

St38 için  $\sigma_{kr} = 3100 - 11,4\lambda \quad kg/cm^2$

St42.....50  $\sigma_{kr} = 3350 - 6,2\lambda \quad kg/cm^2$

GG  $\sigma_{kr} = 7760 - 120\lambda + 0,53\lambda^2 \quad kg/cm^2 \quad [23]$

### 3.3. Hidrolik Hesapları

#### 3.3.1. Hidrolik Devrelerin Ana Kısımları ve Elemanları

Hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye (dairese, doğrusal ve açısal hareket) dönüştüren sistemlere HİDROLİK DEVRE (hidrolik sistem) denir. Hidrolik enerjinin, mekanik enerjiye dönüştürülmesi sırasında akışkanın basıncını ve debisini ayarlayan, çeşitli bağlantı elemanları ve taşıyıcılarla hidrolik alıcılara ulaştıran elemanlara Hidrolik Devre Elemanları denir.

Hidrolik enerjiyi oluşturmak için bir güç kaynağından hidrolik pompaya hareket verilmesi gerekir. Bu güç kaynağı bir içten yanmalı motor olduğu gibi daha çok sabit tesislerde bir elektrik motorudur. Kavramalarla veya dişli sistemlerle bağlı olduğu güç kaynağından hareket alarak dönmeye başlayan hidrolik pompa, depoda durgun (statik) halde bulunan yağı vakum yaparak çeker ve sisteme basar. Oluşan bu basınçlı akışkanın iş yapabilme, hareket ve kuvvet üretme özelliği bulunmaktadır. İşte; İş yapabilme özelliği bulunan basınçlı akışkanların oluşturduğu enerjiye Hidrolik Enerji denir.

Oluşturulan basınçlı akışkanın (hidrolik enerji), sistemin istenilen yerine yönlendirilmesi, basıncının belirli değerler arasında tutulması ve akışkanın miktarının (debi) ölçülerek alıcıların hızlarının ayarlanabilmesi için sistemde çeşitli valfler kullanılır. Bu valfler Basınç Kontrol Valfi, Akış Kontrol Valfi ve Yön Kontrol Valfidir. Hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye (doğrusal, dairese ve açısal hareket) dönüştüren

elemanlara "Hidrolik Alıcılar" denir. Doğrusal hareket için hidrolik silindirler, dairesel hareket için hidrolik motorlar ve açılmal motorlar kullanılır.

Hidrolik sistemde yağ deposu ile pompa arasındaki akış hattına emiş hattı, hidrolik pompadan çıkan ve basınçlı akışkanın taşındığı akış hattına basınç hattı ve görevini tamamlayan akışkanın yağ haznesine (depo) döndüğü akış hattına da dönüş hattı adı verilir. Ayrıca sızdırmazlık elemanlarının zamanla bozulması ile yağ kaçağlarının depoya dönüşlerini temini sağlayan hatta da kaçak (sızıntı) hattı denir. Sistemde basınç hattı, dönüş hattı ve kaçak hattı birlikte kapalı bir devre oluşturur. Hidrolik devrenin ana kısımları şunlardır:

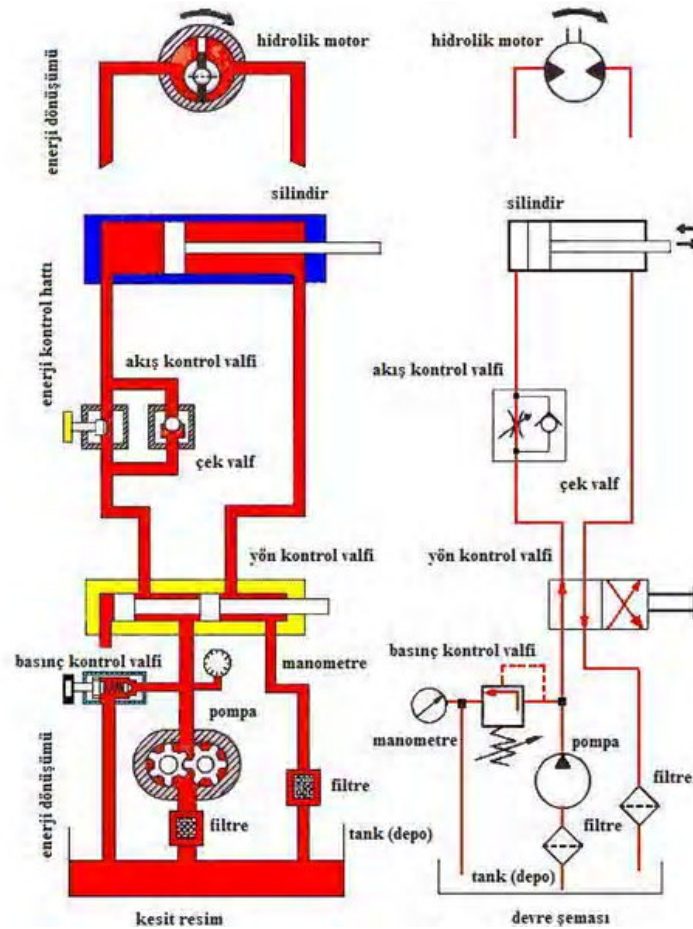
Hidrolik Enerjinin Hazırlanılması; Yağ deposu, Yağ ısıtıcı ve soğutucuları, Hidrolik Akışkan, Hidrolik pompa, Filtreler, Güç Ünitesi, Hidrolik Akümülatörler

Hidrolik Valfler; Akış Kontrol Valfleri, Basınç Kontrol Valfleri, Yön Kontrol Valfleri

Hidrolik Alıcılar; Hidrolik Silindirler, Hidrolik Motorlar, Salınımlı Motorlar

Hidrolik Bağlantı elemanları; Borular, Hortumlar, Rakorlar ve Sızdırmazlık elemanları

Ölçüm Cihazları; Manometreler,



Şekil 3-6 Hidrolik Devre Elemanlarının Kesit ve Sembolle Çizilmiş Resmi

Şekil 3-6'da Hidrolik pompa bir güç kaynağından hareket alarak dönmeye başlar ve depodan yağı emerek sisteme basınçlı olarak basar. Pompanın bastığı akışkan sistemde basıncını istenilen ve önceden ayarlanmış olan sınırlar arasında tutmak üzere kullanılan basınç kontrol valfine (emniyet valfi) gelir. Bu valfin görevi sistemdeki akışkanın basıncını istenilen ve önceden ayarlanmış olan sınırlar arasında tutmaktır. Pompanın bastığı akışkan sistemde yön kontrol valfine ilerlerken basıncı istenilen değerde ise basınç kontrol valfinin sisteme hiçbir etkisi olmaz. Eğer basınç belirli bir değerin üzerinde ise, valf açılarak bir miktar akışkanın depoya gitmesini sağlayarak basıncın istenilen değere inmesini sağlar. Böylece sistemi aşırı basınçtan dolayı göreceği zarardan korumuş olur.

Akışkan daha sonra yön kontrol valfine gelir. Yön kontrol valfinin pozisyonuna göre akışkan hidrolik alıcının istenilen kısmına gönderilir. Alıcıdan hareket elde edilirken alıcının diğer tarafında bulunan basınçsız akışkan depoya geri döner. Bu esnada alıcılardan elde edeceğimiz hız alıcıya gönderilen akışkanın miktarı (debi) ile değişir. Akışkan miktarı arttıkça hız artar, akışkan miktarı azaldıkça hız azalır. Hidrolik silindirlerde ayrıca piston çapının da önemi bulunmaktadır. Piston çapı küçülürse silindir hızı artmaktadır.

### **3.3.2. Hidrolik Akışkanlar ve Hidrolik Akışkanlardan Beklenen Özellikler**

Bir hidrolik sistemde hidrolik akışkanın temel görevi, kuvvetlerin ve hareketlerin iletilmesidir.

Çeşitli uygulama ve kullanım alanlarına bağlı olarak değişik özelliklerde hidrolik akışkanların kullanılması gerekir.

Bütün uygulama alanlarında kullanılacak tek bir tip standart akışkan bulunmadığından, akışkan seçimi, kullanım alanına göre yapılmalıdır. Uzun ömürlü ve ekonomik bir çalışma, ancak uygun akışkanın seçilmesiyle mümkündür.

#### **3.3.2.1. Yağlama ve Aşınmayı Önleme Özelliği**

Akışkanın, hareket eden tüm parçaları, çepeçevre bir yağ filmi tabakasıyla sarması gerekir. Bu yağ filmi tabakası, yüksek basınç, yetersiz yağ debisi, düşük viskozite ve yavaş veya çok hızlı kayma hareketleri nedeniyle parçalanabilir. Bunun sonucu olarak da birbirleriyle çalışan elamanlarda aşınmalar meydana gelir. Aşınma, parça kopmasının yanı sıra, yorulma, yıpranma ve paslanmaya bağlı olarak da meydana gelir.

Sürtünme etkisinden doğan aşınma, filtrelenmiş veya yeterince iyi filtrelenmemiş akışkanlarda bulunan katı parçacıkların birbiriyle temas yüzeyi bulunan parçalar arasına girmeleriyle meydana gelir. Bunun yanı sıra akışkanın taşıdığı katı parçacıklar, yüksek hızlardaki elemanlarda aşınmaya yol açar.

Kavitasyon sebebiyle elemanların metalik yapıları değişime uğrayarak, yorulmaya yol açabilir. Akışkanın içerisindeki kirlilik, su ile birlikte, pompanın yataklarındaki aşınmayı hızlandırabilir.

Hidrolik sistemin uzun süre hareketsiz kalması ve uygun akışkanın kullanılmaması halinde paslanma oluşabilir. Birbiriyle temasta bulunan yüzeylerdeki nemin etkilemesiyle oluşan pas tabakası, elemanlar da aşınmayı hızlandırır.

### **3.3.2.2. Viskozite**

Laminer hareket halindeki birbirine komşu iki sıvı tabakasının birbirlerine gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Bir akışkanın seçiminde en önemli parametre, viskozitedir. Bu akışkanın kalitesi için bir gösterge olmayıp, referans olarak alınan belirli bir sıcaklıkta, akışkanın karakteristik davranışı hakkında bilgi sağlayan bir parametredir.

Hidrolik elemanların seçiminde, bu elemanlar için belirlenmiş uygulama sınırlarını göz önünde bulundurabilmek için hidrolik eleman üreticisinden elemana ait müsaade edilen minimum ve maksimum çalışma viskozitesi değerlerini içeren bir bilgi formu edinmek oldukça önemlidir.

### **3.3.2.3. Viskozite İndeksi**

Akışkanın, sıcaklık değiştikçe çok kalınlaşmaması ve çok incelmemesi gerekir. Aksi halde, kısma noktalarında debi değişir. Viskozite indeksi DIN ISO 2909'a göre belirlenir. Bir akışkan için en iyi viskozite indeksi viskozite sıcaklık eğrisindeki en düz bölgede elde edilir.

Uygulamada iş makineleri, taşıt ve uçaklar gibi yüksek sıcaklık değişiminin söz konusu olduğu alanlarda özellikle yüksek viskozite indeksine sahip akışkanlar tercih edilir.

### **3.3.2.4. Viskozitenin Basınca Bağlı Olarak Değişimi**

Akışkanın viskozitesi basıncın yükselmesiyle değişir. 200 bardan daha yüksek basınç değerleriyle çalışan hidrolik sistemlerin projelendirilmesinde bu özellik bilhassa göz

önüne alınmalıdır. Yaklaşık 400 barlık basınç değerine ulaşıldığında viskozite değeri normalin iki katı değere ulaşır.

### **3.3.2.5. Malzemeyle Uyumluluk**

İyi bir akışkan, hidrolik sistemlerde kullanılan yataklar, sızdırmazlık elemanları, boyalar gibi diğer malzemelerle de tam olarak uyumlu olmalıdır. Bu, özellikle akışkanın hidrolik sistem dışına sızarak, elektrik hatları, mekanik devre elemanları gibi sistemin diğer bölümleriyle temas etmesi durumun da geçerlidir.

### **3.3.2.6. Yırtılmaya Karşı Dayanıklılık**

Akışkan, kontrol elemanlarında ve valflerin açma-kapama anlarında mekanik olarak yüklenir. Bu durumda akışkanın hareketli yüzeylerde oluşturduğu sürekli film tabakası “yırtılır”. Bu işlem, akışkanın kullanım süresini etkiler.

Şayet akışkan viskozite indeksini iyileştirici maddeler içeriyorsa, yırtılmaya karşı hassasiyet artar. Valfler ve pompalar aracılığı ile yapılan normal bir mekanik yükleme sonucu geçici bir viskozite düşmesi meydana gelir ancak hemen normal duruma geri dönlür. Mekanik yüklemenin aşırı olması durumunda viskozite indeksi iyileştiricilerinde kısmi bozulmalar oluşur ve ilk viskozite değerine artık ulaşılamaz. Bu, viskozite değerinde kalıcı bir düşmeye neden olur.

### **3.3.2.7. Isı Değişimine Karşı Kararlılık**

Akışkan, sistemin çalışması esnasında ısınabilir (mümkünse 80° yi aşmamalıdır). Sistemin durması sırasında, akışkan tekrar soğur. Sürekli tekrar eden bu süreç, akışkanın servis ömrünü etkiler. Bu nedenle, birçok sistemde akışkanın çalışma ısını sabit tutmaya yarayan ısı dönüştürücüler (ısıtma-soğutma sistemleri) yer alır. Karalı bir viskozite karakteristik eğrisinin elde edilmesi ve kullanım süresinin daha uzun olması bu yardımcı sistemlerin sağladığı avantajlardır.

Dezavantajları ise yüksek sistem ve işletme maliyetidir. (Isıtıcı için elektrik enerjisi ve soğutucu için su/hava).

### **3.3.2.8. Oksitlenmeye Karşı Dayanıklılık**

Mineral yağlarda yaşlanma süreci, oksijen, ısı, ışık ve katalizden oldukça etkilenir. Yaşlanmaya karşı yüksek dayanıma sahip mineral yağların içinde, hızlı oksijen

emilmesini önleyen oksit önleyici maddeler bulunmaktadır. Oksijenin ortamdan hızla emilmesi sistem elemanlarında paslanmayı kolaylaştırır. Hidrolik devre elemanlarında bulunan bakır, kurşun, bronz ve çeliğin yüksek katalitik, akışkanın yaşlanma süresini etkileyebilir.

### **3.3.2.9. Düşük Sıkıştırılabilirlik**

Akışkan sütununun ne kadar sıkıştırıldığını, akışkan içerisinde taşınan çözölmüş hava belirler. Bu özellik, hidrolik tahrik elemanının hassasiyetini etkiler. Sıkıştırılabilirlik, açık ve kapalı devre kontrol işlemlerinde, tahrik elemanın cevap süresine tesir eder. Yüksek basınç altında kalan büyük hacimler çok hızlı serbest bırakılırsa sistemde dekompresyon şokları meydana gelir. Akışkanın sıkıştırılabilirliği, akışkana bağlı olan ve sıcaklık artışıyla birlikte artan ancak basıncın artmasıyla düşme gösteren bir faktörle belirlenir.

Mineral yağlar için, teorik hesaplamalarda referans değeri olarak her 100 barlık basınç için %7 ile %8 sıkıştırılabilirlik faktörü kullanılabilir. Akışkan olarak su kullanılırsa her 100 bar için %0.45 kullanılması uygun olur.

Akışkanın içine çözölmemiş hava (hava kabarcıkları) girerse akışkanın sıkıştırılabilirlik özelliği gözle görülür bir şekilde yükselir. Tank büyüklüğü veya tasarımı yanlış olur veya tesisatta yanlış borular kullanılırsa, çözölmemiş hava akışkandan ayrılamaz ve bunun sonucu olarak sıkıştırılabilirlik oranı artar. Ayrıca hidrolik sistemlerde, gürültü, darbeleri hareketler ve ısınma meydana gelir.

### **3.3.2.10. Düşük Isıl Genleşme**

Atmosfer basıncında akışkanın sıcaklığı yükseltirirse, hacminde artış meydana gelir. Büyük akışkan hacmine sahip sistemlerde, sistemin daha sonra ulaşacağı işletme sıcaklığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Örnek:

Her 10° C 'lık sıcaklık, artışında mineral yağın hacminde yaklaşık %0.7 'lık bir büyüme meydana gelir.

### **3.3.2.11. Düşük Köpük Oluşumu**

Yükselen hava kabarcıkları tankın üst kısmında köpük oluşturur. Doğru düzenlenmiş tahliye hatları ve uygun boyutta tank tasarımıyla –örneğin tank içine ayırıcı ilave



edilmesi gibi – tanktaki köpüklenme miktarı minimum seviyeye indirilebilir. Mineral yağlar, köpüklenmeyi azaltan kimyasal katkı maddeleri içermektedirler. Akışkanlarda köpüklenme eğilimi, eskime, pislenme ve su yoğunlaşmasıyla artmaktadır.

Şayet köpüklü yağ, pompa tarafından emilirse bu sistemde ciddi arızalara ve pompanın hızlı bir şekilde bozulmasına neden olur.

#### **3.3.2.12. Yağın Az Hava Tutması ve Yeterli Hava Tahliyesi**

Akışkanın, mümkün olduğu kadar az hava tutması ve nispeten hızlı bir şekilde çekilen havayı tekrar tahliye etmesi arzu edilir. Kimyasal katkı maddeleri, bu özellikler olumlu yönde etkiler.

Hava tahliyesi veya hava ayırma derecesi DIN 51381 standardına göre belirlenmiştir. Mineral yağdaki hava kabarcıklarının % 0.2 hacme kadar ayrılması işlemi için geçen süre dakika olarak ölçülür. Hava ayırma kapasitesi akışkanın sıcaklığının yükseltmesiyle azalır.

#### **3.3.2.13. Yüksek Kaynama Noktası ve Düşük Buhar Basıncı**

Kullanılan akışkanın kaynama noktası ne kadar yüksek olursa, sistemin maksimum işletme sıcaklığı da, o kadar yüksek olabilir.

#### **3.3.2.14. Yüksek Yoğunluk**

Bir akışkanda yoğunluk kavramı, akışkanın kütlelerinin hacmine olan oranı anlaşılır. Ancak bu sayede aynı miktarda akışkan hacmiyle büyük bir gücün iletilmesi olanaklı hale gelebilir. Hidrostatik tahrik elemanlarında bu özellik, hidromekanik tahrik elemanlarına nazaran daha az bir öneme sahiptir. Mineral yağların yoğunluğu 0,86 ve 0,9 gr/cm<sup>3</sup> arasındadır.

Yoğunluk, viskozite-yoğunluk karakteristiğini (kinematik viskozite), viskoziteye (dinamik viskozite) veya tam tersine dönüştürülmesi işlemlerinde kullanılır. Pratikte, yoğunluk için referans sıcaklık değeri 15° C'dir.

#### **3.3.2.15. Yüksek Isı İletkenliği**

Pompalar, valfler, motorlar, silindirler ve borularda meydana gelen ısı, akışkan tarafından tanka iletilmelidir. Tank, kendine gelen ısıнын bir kısmını tank yüzeyleri

üzerinden dışarıya verir. Şayet ısının yayıldığı tank yüzeyleri yeterli olmazsa, sistemde akışkanda aşırı ısınmayı önlemek için ayrıca bir soğutucu ilave edilmesi gerekir.

#### **3.3.2.16. Yüksek Dielektirik (Yalıtım) Özelliği**

Akışkanın, elektriksel enerjiyi olabildiğince iletmesi gerekir. (Örneğin: Kısa devre, tel kopması gibi durumlarda) . Oluşan ısıyı tahliye etmek ve valflerin içindeki piston hareketlerini rahatça gerçekleştirmek için genellikle yağlı tip selenoidler kullanılır.

#### **3.3.2.17. Su Almama Özelliği**

Mineral yağlarda çalıştırılan sistemlerde, yağın sudan arınmış olmasına özen gösterilmelidir. Aksi takdirde bu durum, arızaların oluşmasına yol açarak sistemin hizmet dışı kalmasına neden olabilir. Silindir ve mil sızdırmazlık elemanlarından, iyi sızdırmazlık sağlanmamış soğutuculardan veya tankın çeperlerinde oluşan nem vasıtasıyla sisteme su karışabilir. Tankın doldurulması anında kullanılan yeni akışkan da su içerebilir. (Yoğunlaşmış su). Su miktarı toplam hacmin %0,2 sinden daha fazla olduğunda akışkanın değiştirilmesi gerekebilir. Suyun, ayırıcılar veya merkezkaç (esas olarak büyük sistemlerde kullanılır) ile akışkandan ayrılması işlemi, sistemin normal çalışması esnasında da gerçekleştirilebilir.

Açıkta çalışan sistemlerde (yüksek rutubet ve yağmur nedeniyle), hava filtresi arkasına, havayı kurutacak bir kurutucunun takılması gerekir.

Suyun yüksek özgül ağırlığa sahip olması nedeniyle akışkan içinde bulunan bu su, sistemin çalışmadığı zamanlarda tank tabanında toplanır (mineral yağ ve su kimyasal olarak bileşik oluşturmazlar ve bu nedenle tekrar ayrılabilir).

Akışkan tankında yağ seviyesini sürekli olarak gösteren bir gösterge bulunursa, suyun varlığı açıkça görülebilir. Tanktaki yağ tahliye musluğu yavaşça açılacak olursa, ilk olarak tanktan su akmaya başlar. Büyük sistemlerde tankın en alt noktasına, genellikle belirli su seviyesine erişildiğine elektriksel sinyal verebilen su ikaz cihazı monte edilir. Uygulamada, belirli bir zaman diliminde su ayırma derecesi ile ilgili bir belirleme yapılamamaktadır.

#### **3.3.2.18. Yanmama Özelliği**

Hidrolik sistemleri nispeten sıcak ortamlarda ya da üretimde çıplak ateşin bulunduğu, yüksek ısının söz konusu olduğu durumlarda da çalıştırılması gerekebilir. Bu çalışma

şartlarında boru veya hortum tesisatında oluşabilecek yanma riskini engellenmek için kullanılan akışkanın yanma noktasının yüksek, zor tutuşu veya yanmaz özellikte olması gerekir.

#### **3.3.2.19. Akışkanın, Buhar ya da Ayrışık Olarak Zehirleyici Olmaması**

Kullanıcının sağlığının ve doğal çevrenin akışkan nedeniyle tehlike altında kalmaması için akışkan üreticilerinin kataloglarında verilen açıklamalara dikkat edilmesi gereklidir.

#### **3.3.2.20. Paslanmaya Karşı Yüksek Koruma**

Pompa, valf, motor ve silindir üreticileri, bu elemanları, elemanların içinde paslanmaya karşı koruma etkisi oluşturan mineral yağlarla test etmektedir. Mineral yağların paslanmayı önleme özellikleri kimyasal katkılarla sağlanır. Bu madde, metal yüzey üzerinde su geçirmeyen ince film tabakası oluşturur ve mineral yağın yaşlanması durumunda, paslanma nedeniyle parça kopmalarını engeller.

Hidrolik elemanların test edilmesinden sonra bu elemanlarda kalan yağ artıkları tekrar tanka geri döner. Elemanların üzerindeki mineral yağ filmi, bu elemanları işletmeye alınmalarına kadar geçen süre boyunca korur. Hidrolik elemanların uzun süre bekletilmeleri durumunda paslanma problemlerine karşı korunabilmeleri için özel önlemler alması gerekir (Örneğin: Koruyucu yağlama) .

#### **3.3.2.21. Yapışkan Madde Oluşturmama**

Akışkanların, hidrolik sistemin uzun süre çalışma dışı kaldığı sürede, çalıştırıldığı sürede ve bunların yanı sıra yağın ısınmasına, soğumasına veya yaşlanmasına bağlı olarak, hidrolik elemanların hareketli parçalarında yapışmaya neden olmamaları arzu edilir.

#### **3.3.2.22. İyi Filtre Edilebilirlik**

Hidrolik sistemlerde akışkanın, aşınma sonucu akışkana karışan parçacıklardan arındırılabilmesi için, besleme ya da dönüş hatlarında, ya da her ikisinde de sürekli olarak filtre edilmesi gerekir. Devrede kullanılan akışkanın cinsi ve viskozitesi filtrenin büyüklüğünü ve filtre elemanlarının cinsini etkiler.

Viskozitenin artmasıyla geri basınç değeri de artar. Bu nedenle projelendirmede daha büyük bir filtrenin seçilmesi gerekir. Eğer aşındırıcı özelliği yüksek olan akışkanlar söz konusu ise filtre elemanı olarak özel malzemeler seçilmelidir.

Akışkan içinde bulunan aktif katkı maddelerinin filtre içerisinde yerleşip kalmamalarına dikkat edilmelidir. Şayet hidrolik sistemlerde 5µm veya daha az doku genişliğine sahip hassas filtreler kullanılıyorsa, akışkanın bu şartlara uygunluğu araştırılmalıdır.

#### **3.3.2.23. Diğer Yağlarla Uyumluluk ve Değiştirilebilirlik**

Üretim hattının değişimi veya gelişimi ile değişen çevre şartları veya olası yeni yasalar gereği olarak, akışkanın değiştirilmesi gerekebilir. Bu gibi durumlarda akışkan ve eleman üreticileriyle, akışkan ve hidrolik sistemi yeni monte edilen elemanın oluşan yeni şartlara uygunluğu hakkında bilgi alışverişinde bulunulması gerekir.

Buna ek olarak hidrolik sistemlerdeki tüm hidrolik donanımın sızdırmazlık elemanlarının ve hortumların komple değiştirilerek tam olarak eski akışkandan temizlenmesi zorunludur. Bu gibi durumlarda ön görülen şartlara gerekli özeni göstermemek ileride tüm hidrolik sistemin tamamen devre dışı kalmasına neden olabilir.

#### **3.3.2.24. Tortu Oluşturma**

Akışkanın ve birlikte kullanılan tüm katkı maddelerinin serviste kaldıkları süre boyunca yapısal bozulmaya uğramamaları, yani tortu oluşturmamaları gereklidir.

#### **3.3.2.25. Bakım Kolaylığı**

Uzun bekleme sürelerinden sonra tekrar kullanılabilirlikleri için önce karıştırılmaları gereken akışkanların serviste tutulmaları oldukça zahmetlidir. İçinde ki katkı maddelerinin kısa sürede özelliğini kaybetmesinin söz konusu olduğu akışkanlar kimyasal veya fiziksel olarak düzenli bir şekilde kontrol edilmelidir. Olanakların sınırlı olduğu durumlarda akışkan ve filtre üreticileri örnek analizler yaparak akışkanın değiştirilip değiştirilmeyeceğine karar vermede yardımcı olabilirler.

#### **3.3.2.26. Çevre Dostu**

Hidrolik sistemleri kullanılırken aynı zamanda, çevre içinde en iyi koruma ancak uygun planlama, tasarım, montaj, işletme ve bakım ile sağlanır.

Bu şartlar sağlanmadıkça, tek başına ekolojik olarak uyumlu çevre dostu akışkanların kullanılması yeterlidir. Çevre dostu akışkanların aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmaları gereklidir:

- Yüksek biyolojik çözünürlüğe sahip,
- Kolayca temizlenebilir,
- Balıklara karşı zararsız,
- Bakterilere karşı zararsız,
- İçme suyuna zarar vermeyen,
- Yiyeceklere zarar vermeyen,
- Hayvan yemlerine zarar vermeyen,
- Her üç durumda da(katı, sıvı, gaz) cilt hastalıklarına neden olmayan,
- Kokusuz veya en azından rahatsız edici bir kokuya sahip olmayan

Bugüne kadar akışkanların çevre şartlarına uygunluğu açısından hangi özelliklerine sahip olmaları gerektiğini belirleyen herhangi bir yasa ve standart oluşturulmamıştır.

### **3.3.2.27. Düşük Maliyet ve Sürekli Bulunabilirlik**

Prensip olarak uygun fiyata sahip piyasada sürekli bulunabilen akışkanlar tercih edilmelidir. Bu, özellikle endüstriyel olarak henüz kalkınmamış bölgelerde kullanılan hidrolik sistemler için önemlidir.

Ekonomik değerler göz önünde bulundurularak bir akışkanın seçimi ancak işletme giderleri ve gelecekte karşılaşılabilecek giderlerin dikkatlice ele alınması ile yapılabilir. Sistemde kullanılacak akışkanın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi, yeni tasarımlarda, tamir amaçlı parça değiştirilmesinde veya hidrolik eleman tamirinde yapılabilecek olası hataları önleyebilir.

### **3.3.3. Hidrolik Pompalar ve Pompa Seçimi**

Hidrolik pompalar, hidrolik sistemin kalbidir. Sistem için gereken belirli basınçta ve debideki akışkan pompa tarafından gönderilir. Hidrolik pompalar, yağ deposunda statik (durgun) halde duran yağı dinamik (hareketli) hale geçiren ve hidrolik enerji olarak sisteme belirli basınçta ve debide basan elemanlardır ve hidrostatik prensiplere göre çalışırlar.

Hidrolik pompalar kavramalar yardımıyla mekanik enerjiyi (dairesel hareketi) uygun kapasitede seçilen genellikle bir elektrik motorundan veya bir içten yanmalı

motorlardan alarak çalışırlar. Elektrik enerjisi verilmesiyle elektrik motoru dönerken aynı anda pompa milini de döndürür ve bu sırada depodaki akışkanı vakum yaparak emer ve sisteme basar. Akışkanın depodan emilmesi hacim büyümesi yoluyla vakum oluşturularak, akışkanın sisteme gönderilmesi ise hacim küçülmesi yoluyla basınç oluşturularak sağlanır. Bu pompalama hareketi tüm pompalar için aynıdır.

Endüstriyel hidrolikte kullanılan pompaların diğer tüm pompalardan en önemli ayrıcalığı pozitif iletimli olmalarıdır, yani bu tip pompalarda emilen yağ basılmak zorundadır, böylece basılan yağın önünde direnç söz konusu olduğunda basınç oluşacaktır.

Akışkanın sisteme basınçla gönderilmesi sırasında boru çaplarının büyük veya küçük olmasının da basınca etkileri vardır. Boru çapları küçüldükçe basınç artar.

Hidrolik devrelere pompa seçerken; devrenin ihtiyaçlarına cevap verebilecek pompanın seçilmesi gerekir. Sistemin ihtiyacına uygun seçilmeyen bir pompa ya gereksiz yere enerji sarf edecek veya sistemin ihtiyacına cevap vermeyecek yani istene kuvveti veya momenti üretemeyecektir. Pompanın seçilmesine etki eden en önemli faktörler, çalışma basıncı ile sisteme basılacak akışkanın debisidir. Pompanın sistemdeki görevini yapabilmesi için sistemi beslemesi gerekir. Yeterli debide akışkanın üretilmediği ve basıncın da yetersiz olduğu durumlarda sistemde beklenen fonksiyonlar elde edilmeyecektir. Pompanın çalıştırılması ve bakımı için üretici firmaların tavsiyeleri dikkate alınmalıdır. Ayrıca pompa için tavsiye edilen özellikteki yağın tercih edilmesi gerekir. Uygun viskozitede seçilen yağlar pompanın verimine etki eder ve pompanın emişini güçlendirir.

Hidrolik pompa seçimi yapılırken dikkat edilecek noktalar şunlardır:

- a) Pompanın gücünün yeterli olması,
- b) Pompanın debisinin yeterli olması,
- c) Pompanın çalışma basıncı,
- d) Pompanın devir sayısı ve dönüş yönü,
- e) Çalışma ortamı sıcaklığının uygunluğu,
- f) Gürültüsüz çalışması,
- g) Boyutlarının az yer kaplaması,
- h) Ekonomik olup olmadığı,
- ı) Bakım, onarım ve montajının kolay olması
- i) Pompanın boyutlarının sisteme uygunluğu

### 3.3.4. Hidrolik Depolar ve Donanımları

Hidrolik sistemlerde en önemli enerji kaynağı olan hidrolik akışkanın; depolandığı, dinlendirildiği, soğutulduğu ve filtrelendiği kaba "Hidrolik Depo" "Yağ Haznesi" veya "Tank" denir. Yani depo; hidrolik akışkanı depoladığı gibi çalışma şartlarına uygun haleden getirmesi gerekir.

Hidrolik sistemde dolaşan yağ kısa zamanda ısınır, kirlenir ve görevini yapamaz duruma gelir. Bu nedenle, hidrolik sistem için uygun yağ deposu seçilemezse sistemden istenilen verim alınmaz. Aşağıda hidrolik deponun şekli görülmektedir.

Yağ deposunun içinde emiş hattında basılan ve geriye dönen yağın ayrılmasını sağlayan bir perde ile emiş filtresi ve emiş borusu bulunur. Yağ deposu, emiş hattından basılan yağ geriye dönüşte ısındığından bu ısıyı dışarı atar. Sistemden geçen toz, pislik ve tortu gibi maddeler dönüş filtreleri vasıtasıyla temizlenir. Hidrolik sistemlerin yağ deposu 1,5–3 mm. kalınlığında asit türü bileşiklere ve korozyona dayanıklı çelik saclardan yapılmalıdır. Yağ deposunun ölçüsü (kapasitesi); hidrolik sisteme gerekli olan akışkan miktarına ve dağıtım sisteminin büyüklüğüne göre seçilir ve hidrolik sistemde dolaşan yağın debisinin 3–5 kat fazlası oranında olması gerekmektedir.

#### 3.3.4.1. Doldurma Filtresi

Üzerinde hava filtresi ve havalandırma kapağı bulunur. Hidrolik akışkan buradan depoya doldurulurken aynı zamanda filtreden geçerek içinde bulunması istenmeyen parçacıklardan temizlenmiş olur.

#### 3.3.4.2. Gösterge Seviyeleri

Depo içerisindeki akışkanın miktarını görmek için kullanılır. Akışkan miktarı üst seviyeyi (max.) geçmemeli ve alt seviyeden (min.) az olmamalıdır.

#### 3.3.4.3. Tahliye Tıpası

Tanktan akışkanı boşaltmak amacıyla kullanılır.

#### 3.3.4.4. Temizleme Kapağı

Tankın iç yüzeylerinin temizlenebilmesi amacıyla kullanılır. Deponun tabanı yağın kolay boşalmasını sağlamak için eğimli olmalıdır.

#### **3.3.4.5. Emme Odası**

Tank içerisinde, dinlenmiş ve soğutulmuş akışkanın bulunduğu kısımdır.

#### **3.3.4.6. Emme Borusu**

Emme odasındaki akışkanı, elektrik motoru ile çalışan pompa yardımıyla emerek sisteme gönderen borudur.

#### **3.3.4.7. Dönüş Hattı**

Sistemde dolaştıktan sonra işi biten akışkan dönüş hattını kullanarak depoya geri gelir. Dönüş hattında kullanılan boru çapının, emme borusunun çapından büyük olması istenir. Aksi takdirde basınç kayıpları yaşanabilir. Emiş ve dönüş boruları depo tabanından boru çapının 22,5 katı kadar yukarıda monte edilmelidir.

#### **3.3.4.8. Dönüş Odası**

Aynı zamanda dinlenme haznesi de denilebilir. Dönüş hattından gelen akışkanın doldurulduğu haznedir. Geri dönen akışkan ısınmış ve kirlenmiş bir durumdadır. Tankın tabanı 15° açı ile yapılır. Bu sayede akışkanın içerisinde bulunabilecek partiküllerin emme odasına ulaşması engellenir. Ayrıca tank tabanının 15-20 cm yüksekte olması akışkanın soğuması için gerekli hava sirkülasyonunu sağlar.

#### **3.3.4.9. Dinlendirme Levhası**

Emme odası ile dönüş odasının arasında bulunan dinlendirme levhası plaka biçiminde yerleştirilen delikli bir sac malzemeden imal edilmiştir. Parçacıkların filtrelenmesini ve akışkanın soğumasını sağlar. Emiş ve dönüş boruları arasında türbülansı önleyerek yağın hızını azaltır.

#### **3.3.4.10. Filtre**

Sistemden dönen yağın içindeki pislik, talaş, tortu vb. malzemeleri süzerek emiş hattından sisteme temiz yağ gönderilmesini sağlar.

#### **3.3.5. Hidrolik Motorlar ve Silindirler**

Hidrolik enerjiyi dairesel harekete dönüştürmek amacıyla kullanılan düzeneklere genel olarak hidrolik motor adı verilir. Ancak bu tanımın üzerinde durulması gerekir.



Gerçek anlamıyla motor; herhangi bir enerjiyi, mekanik enerjiye dönüştüren düzendir. Bu tanım gereği önemli olan mekanik enerjinin kendisidir, mekanik enerjinin türü değil. Bu nedenle hidrolik silindirler de birer motordur. Çünkü hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürür. Bunlar arasındaki farkı belirtmek için doğrusal motor, dairesel motor, açışal motor deyimlerini kullanmak gerekir. Türkçemize yerleşmiş şekliyle doğrusal motorların hidrolik silindir olarak anlıyoruz. Ancak dairesel motorlara gelince durum biraz karışıyor. Birçok kaynakta bunların tam devir üretenlerine hidrolik motor, 360° dereceden az dönüşleri elde etmek için üretilenlerine ise açışal motor deniliyor. Oysaki bunların her ikisi de hidrolik motordur.

### 3.3.6. Hidrolik Güç Ünitesi

Enerji besleme birimi hidrolik sistem için gerekli enerjiyi temin eder. Bu birimin elemanları şunlardır;

- 1- Tahrik Elemanı: Elektrik Motoru veya İçten Yanmalı Motor
- 2- Hidrolik Pompa
- 3- Basınç Kontrol Valfi
- 4- Kavrama
- 5- Tank
- 6- Filtre (emiş ve dönüş)
- 7- Isıtıcı ve Soğutucudur.

Hidrolik sistemde basınçlı akışkanın üretildiği üniteye "Hidrolik Güç Kaynağı" veya "Enerji Besleme Ünitesi" denir. Basınçlı akışkanı üretebilmek için gerekli olan hidrolik pompa, tahrik elemanı ve tank enerji besleme ünitesini oluşturduğu gibi, sistemin korunması için gerekli olan basınç kontrol valfi (Emniyet valfi) ve manometre ve kullanıcılara (alıcılara) ulaştırılmasında kullanılan yön kontrol (kumanda) valfide enerji besleme ünitesinin bir elemanı olmaktadır.

Yağ deposu kendi içinde emiş ve dönüş boruları, emiş ve dönüş filtreleri ve yağ ısıtıcısı ve soğutucusundan oluşmaktadır.

Hidrolik güç kaynakları sabit olduğu gibi, taşınabilir şekilde yapılanları da vardır. Hidrolik pompa için gerekli olan mekanik güç, sabit hidrolik sistemlerde daha çok elektrik motorları ile temin edilirken, hareketli hidrolik sistemlerde içten yanmalı motorlar ile temin edilir. Elektrik motoru ile hidrolik pompanın mili kavramayla

birbirine bağlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli noktalar; elektrik motorunun gücünün ve depo kapasitesinin belirlenmesidir. Elektrik motoru seçerken akışkanın basıncı ve dakikada sisteme basılacak akışkanın debisini dikkate almak ve uygun kapasitede olanını seçmek ve yağ deposunun da uygun büyüklükte olması gerekir.

Büyük makine ve tesislerde merkezi bir hidrolik sistem önem kazanır. Buna göre, bir sistemin tüm kullanıcıları bir veya daha fazla hidrolik güç ünitesi ile müşterek bir hat üzerinden beslenebilir. Ayrıca kimi güç ünitelerinde hidrolik akümülatörler de (biriktirici) bulunmaktadır. Bu biriktiricilerde sistemi müşterek hat üzerinden beslemektedirler.

Enerji besleme biriminde basınç, dönüş ve kaçak hattı birlikte kapalı bir devre oluştururlar. Bu şekilde yer ve kullanımı azalmış olur.

### **3.3.7. Hidrolik Akümülatörler (Biriktiriciler)**

Akümlatörler (biriktiriciler); basınçlı akışkanı (hidrolik enerjiyi) basınç altında depolayıp, gerektiği anda sabit basınçla düzenli ve düzgün akışla sisteme veren devre elemanlarına denir. Sistem basıncının her zaman aynı kalmasını sağlarlar. Hidrolik sistemlerde Akümülatörlere ihtiyaç duyulan haller:

#### **3.3.7.1. Hidrolik Pompanın Arızalanması ve Elektrik Kesilmesi**

Hidrolik pompanın arızalanması sonucu veya elektrik kesintisi neticesinde hidrolik pompa sisteme gerekli olan hidrolik enerjiyi veremez. Bu durum imalat sanayinde pek istenen durum değildir. Böyle durumlarda sistemi besleyecek ve işin (hareketin) belirli bir aşamaya kadar tamamlanması sağlayacak bir hidrolik enerjiye ihtiyaç vardır ki bu yedek ve acil güç kısa bir süreliğine hidrolik akümülatörler vasıtasıyla gerçekleştirilir.

#### **3.3.7.2. Daha Fazla Akışkana İhtiyaç Duyulması**

Hidrolik sistemde bazı durumlarda belirli işleri yaparken kısa süreliğine daha fazla akışkana ihtiyaç duyulur. Bu gibi durumlarda devrede ya ikinci bir pompa yada yüksek kapasiteli bir pompa bulundurmak gerekir ki bu hiç de ekonomik olmaz. Ayrıca yüksek kapasiteli pompa için yüksek güçlü elektrik motoru da seçmek gerekmektedir. Bunun yerine uygun kapasitede bir hidrolik akümülatör kullanmak ikinci pompa veya yüksek kapasiteli pompa ihtiyacını daha az maliyetle karşılayabilir.

### **3.3.7.3. Hidrolik Devrede Sızıntıların Olması**

Hidrolik sistemlerde ısının artmasıyla hidrolik yağın akıcılığı (viskozitesi) artar ve yağ kaçaqları ve sızıntılar meydana gelir. Bu sızıntılar sistem içindeki basıncın düşmesine ve sistemden alınacak verimin azalmasına sebep olur. Akümülatörler kaçaqların ve sızıntıların meydana getirdiği basınç düşmesini dengeleyerek sistemin verimli çalışmasını sağlar.

### **3.3.7.4. Sistemde Hidrolik Şoklarının ve Titreşimlerinin Oluşması**

Çalışma esnasında (valflerin açılıp kapanmasında, silindirlerin işlem sonlarında, motorların hareketlerini değiştirmelerinde, pompa çıkışlarında) sistemde bir şok darbesinin ve titreşimlerin oluşması halinde, basıncı yükselen akışkanın sisteme zarar vermesini önleyerek hidrolik şokların ve titreşimlerin yastıklanmasına ve sönümlemesine yardımcı olur.

Akümlatörlerin Çalışma Prensipleri; hidrolik sistemde bulunan basınçlı akışkanın bir gazı sıkıştırarak, bir ağırlığı kaldırarak veya bir yayı sıkıştırarak basınçlı bir şekilde bir tüp (hacim) içinde tutulması ve gerektiğinde sıkıştırılan gazın genleşmesi, ağırlığın veya yayın ters kuvveti etkisiyle basınçlı akışkanın sisteme geri gönderilmesidir.

## 4. BÖLÜM

### ÖZGÜN TASARIM

#### 4.1. Bariyer Ağı Boyutlandırma Prensipleri

Tasarımını yaptığımız bariyer ağının eleman sayısını tayin ederken, ülkemizin kullanmış olduğu uçakların teknik özelliklerini göz önüne almamız uygun olacaktır. Türkiye’de F-4, F-5 ve F-16 uçaklarının kullanımda olması nedeniyle bu uçakların genel en, boy, yükseklik vb. genel teknik özelliklerini incelemekte fayda vardır.

#### GENEL ÖZELLİKLER:

##### F-4 Savaş Uçağı



##### F-5 Savaş Uçağı



##### F-16 Savaş Uçağı



Üretici : McDonnell-ABD

Boy : 19,20 mt.

Yüksekliği : 5,03 mt.

Kanat Genişliği : 11,68 m.

Boş Ağırlığı : 13.394 kg.

Max. Ağırlık : 27.215 kg. [24]

Northrop ABD

14,68 mt.

4,06 mt.

8,13 m.

4.392 kg.

11.195 kg.[24]

GE;ABD. TAI

15.03 m.

5.01 m.

10.01 m.

8.314 kg.

19.373 kg.[25]

Şekil 4-1 Uçak Tipleri ve Teknik Özellikleri

Uçaklarımızın kuyruk yüksekliği ile kanopi yüksekliği arasındaki farkı da göz önüne aldığımız da ağ yüksekliğinin 4 (dört) metre olması yeterli olacaktır. Enini ise uçakların

ağa pistin herhangi bir yerinden girebileceği düşünüldüğünden pist eni kadar olmasının en uygun tercih olacağını düşünebiliriz. Bu nedenle 45 (kırkbeş) metre pencere genişliği ve bağlantı uzantılarıyla toplam pist eni uzunluğunda 60 (altmış) metre bir ağ tasarlıyoruz.

Çok elemanlı bariyer ağları tasarlanırken aslında üst üste montaj yapılmış birden fazla ağı düşünmemiz gerekir. Ağ pencere uzunlukları ve üst üste bindirilecek ağ sayısını hesaplarken yakalamayı düşündüğümüz uçakların frenleme esnasında açığa çıkardıkları kinetik enerji değerleri göz önüne alınmalıdır. Uçakların pistte kalkış/kalkıştan vazgeçme halinde oluşan maksimum uçak hızı veya maksimum iniş hızı olan  $97,74 \text{ m/s}^2$  ( $190 \text{ knot}=351.8 \text{ km/h}=97,74 \text{ m/s}^2$ ) hesaplamalarda esas alınacaktır.

Formül (2.1) 'den ortaya çıkan kinetik enerjiler;

$$E_{k(F-4)} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow = \frac{1}{2} \cdot 27215 \cdot (97,74)^2 \Rightarrow = 129993911,66 \text{ joule.} \approx 130.10^6 \text{ J.}$$

$$E_{k(F-5)} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow = \frac{1}{2} \cdot 11195 \cdot (97,74)^2 \Rightarrow = 53473519,79 \text{ joule.} \approx 53.10^6 \text{ J.}$$

$$E_{k(F-16)} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow = \frac{1}{2} \cdot 19373 \cdot (97,74)^2 \Rightarrow = 92536176,76 \text{ joule.} \approx 93.10^6 \text{ J.}$$

En ağır uçağımız olan F-4 uçağımızın maksimum ağırlığı olan 27.215 kg. (60.000 lbs) dikkate alınacaktır.

Uçak durdurucu bariyer sistemi tarafından yapılacak yakalama işlemi ile hapsedilecek enerji miktarı yaklaşık 53-130 Milyonjoule arasındadır.

Bariyer sistemlerinin temel olarak bir uçağı bariyere girdiği andan itibaren durdurma mesafesi 121,9-365,76 m. (400-1200 Feet)'dir. Dolayısıyla uçaklarımızın durma anında meydana getirdikleri enerjinin, en az durdurma mesafesi olan yaklaşık 120 metre içerisinde sönmülmesi gerekecektir. Bariyer sistemi durdurma elemanlarının mukavemet kapasitesinin de bu değerleri karşılayacak kapasitede olması gerekmektedir.

Bu nedenle;  $F_{(F-4)} = 129.993.911,667 \text{ joule(Nm)} / 121,9(m) = 1.066.397,9N$

$$F_{(F-5)} = 53473519,79 \text{ joule(Nm)} / 121,9(m) = 438667,1N$$

$$F_{(F-16)} = 92536176,76 \text{ joule(Nm)} / 121,9(m) = 759115,4N$$

Bariyer ağının komple kopma mukavemetinin minimum 1.066.397,9 Newton olması gerekir. Bariyer ağı, savaş uçaklarını gövdeden ve dikmelerden sararak enerji emici üniteyle irtibatlandırarak durdurduğu için 1.066.397,9 N.luk bu enerjiyi de üzerinde

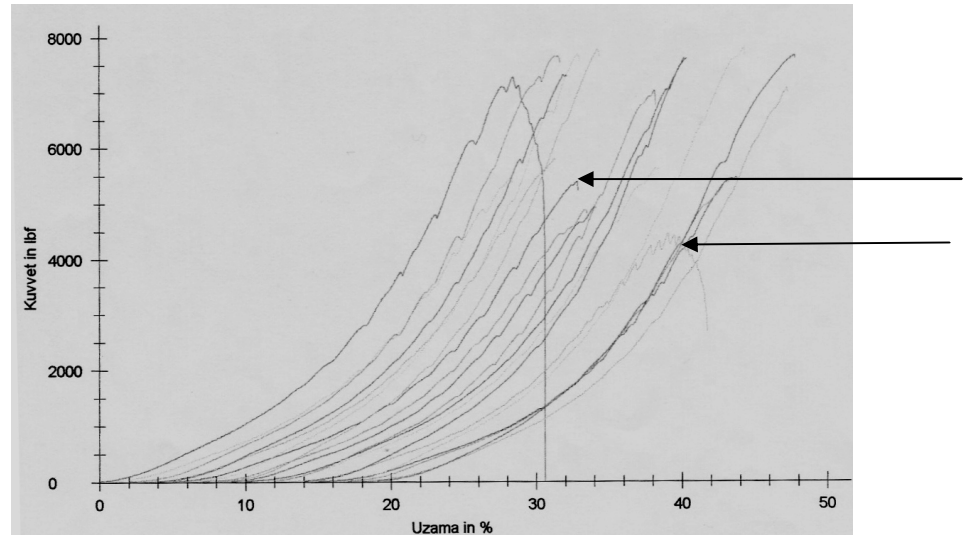
sönümlemesi gerekir. Bu nedenle, uçaklar ancak kanat genişliği kadar dikey kolanlar tarafından sarılacak ve üzerindeki bu kinetik enerjiyi yatay kolanlara aktaracaktır.

Şekil 4-1'deki kanat genişliklerine göre bariyer ağını oluşturan dikey kolanların sıklığı ve her bir ağ buklesinin pencere aralığı buradan tayin edilir.

Dikey kolanların pencere aralığını tayin etmeden önce, yatay ve dikey kolan ebatlarını ve kopma mukavemetlerini tayin etmemizde fayda vardır. Kolan mukavemetinde en önemli seçim kriteri, bariyer ağına giren uçağa ve pilota ağ kolanlarının en az hasarı vermesidir. Bu amaçla dünya genelinde yatayda 25x2,5 mm. dikeyde ise 30x3,3 mm. kolanlar kullanılır.

Tablo 4-1 Yatay ve Dikey kolan Kopma ve Uzama Değerleri

| YATAY KOLAN |                    |                   | DİKEY KOLAN |                    |                   |
|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|
| NO          | Kopma Kuvveti (kg) | Uzama Yüzdesi (%) | NO          | Kopma Kuvveti (kg) | Uzama Yüzdesi (%) |
| 1           | 2560,59            | 27,42             | 1           | 3462,90            | 30,32             |
| 2           | 2490,83            | 27,35             | 2           | 3535,86            | 28,32             |
| 3           | 2026,19            | 26,73             | 3           | 3195,91            | 27,07             |
| 4           | 2636,18            | 27,34             | 4           | 3479,24            | 29,62             |
| 5           | 2484,68            | 26,76             | 5           | 3467,43            | 26,17             |
| 6           | 2453,13            | 27,84             | 6           | 3325,85            | 28,08             |
| 7           | 2464,64            | 26,15             | 7           | 3559,09            | 28,32             |
| 8           | 2218,09            | 26,45             | 8           | 3497,14            | 26,97             |
| 9           | 2535,61            | 26,34             | 9           | 3215,87            | 29,27             |
| 10          | 2140,65            | 24,37             | 10          | 3486,18            | 28,75             |



Şekil 4-2 Yatay ve Dikey kolan Kopma ve Uzama Grafiği

Tablo 4-1 ve Şekil 4-2’deki grafiklerden de anlaşılaçağı gibi 25 ve 30 mm’lik 10’ar adet numune kolan için yapmış olduğumuz kopma mukavemet testlerinde;

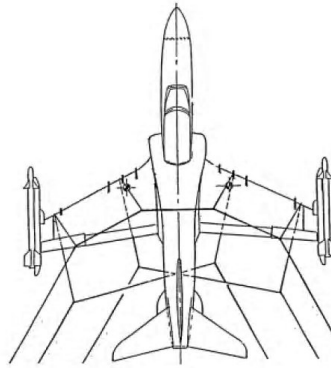
Tablo 4-2 Tasarım İçin Yatay ve Dikey Kolan Minimum Kopma Mukavemetleri

| Tip               | Kopma Mukavemeti |
|-------------------|------------------|
| Yatay 25 mm kolan | 20.000 N         |
| Dikey 30 mm kolan | 30.000 N         |

minimum Tablo 4-2’deki değerlerde koptuğı tespit edilmiştir. Tercih edilen yatay ve dikey kolanların güneşin ultraviyole ışınlarına maruz kalması sonucu kullanım ömrü olan 3-5 yıl arasında yaklaşık %30 mukavemet kaybına uğraması ve %10’da naylon örgü kolanların uçağın ağa girişi esnasında kesme vb. nedenlerden dolayı kopabilme ihtimaline karşı tolerans olarak değerlendirilirse, hesaplarımızda elde ettiğimiz kopma mukavemetlerinin %60’ını kullanmamız (Tablo 4-3) daha güvenilir ve emniyetli olacaktır.

Tablo 4-3 Efektif Kullanılabilir Kopma Mukavemet Değerleri

| Tip               | Efektif Kullanılabilir Kopma Mukavemeti |
|-------------------|-----------------------------------------|
| Yatay 25 mm kolan | 20.000 N.%60 $\cong$ 12.000 N           |
| Dikey 30 mm kolan | 30.000 N.%60 $\cong$ 18.000 N           |

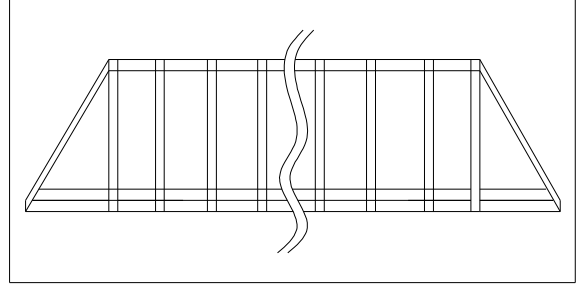
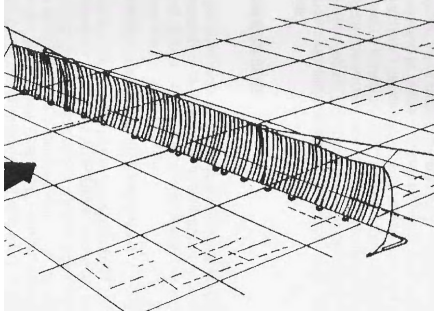


Şekil 4-3 Uçağın Üzerine Dağılmış Tek Ağ Elemanı

Tablo 4-4 Uçaklara Ait Ağırlık ve Enerji Kapasiteleri

|                     | F-4        | F-5       | F-16      |
|---------------------|------------|-----------|-----------|
| Max.AĞIRLIK (kg)    | 27.215     | 11.195    | 19.373    |
| KANAT GENİŞLİĞİ (m) | 11,68      | 8,13      | 10.01     |
| Ek (Joule)          | $130.10^6$ | $53.10^6$ | $93.10^6$ |
| F (kN)              | 1066,3     | 438,6     | 759,1     |

Ağımızın tasarımını yaparken en kısa kanatlı uçağımızı ve en ağır uçağımızın değerlerine göre hesap yapmak tüm uçak yelpazemizi içine alacak bir tasarım yapmamızı sağlayacaktır. F-4 uçağının ağırlığından oluşan 1.066.397,9N. ve F-5 uçağının kanat genişliği olan 8,13 m. bizim kaç elemanlı bir ağ ve her bir ağda bulunan pencere sayısını belirleyebilmemizin temel kriterleri olacaktır.



Şekil 4-4 Çoklu ve Tekli Ağ Paneli

Komple ağı oluşturan ağlardan Şekil 4-4'de görülen bir adet ağ pencere uzunluğu genişliği en kısa olan F-5 için 2,5 m. olarak seçilirse bir adet ağda 3 adet dikey kolan F-5 genişliğini içine alacaktır. 45 m.lik bir ağ pencere genişliğinde;

$$45 / 2,5 = 18 \text{ adet dikey kolan ve 17 adet pencere demektir.}$$

$3 \times 18.000 = 54.000$  N dikey kolanların uçağa uyguladığı kuvvettir. Buradan en ağır uçağımız F-4 uçağını da yakalayabilecek bir ağ mukavemeti;

$$1.066.397,9 / 54.000 = 19,74 \cong 20 \text{ adet tekli ağ.}$$

Bir ağ paneli üst yatayda bir, alt yatayda iki adet 12.000 N naylon 6.6 dan örülmüş kolandan oluştuğu için, aynı işlemi yatay kolanlar için uyguladığımızda ağ mukavemeti;

$$3 \times 12.000 = 36.000 \text{ N yatay kolanların uçağa uyguladığı kuvvettir. Yine F-4 için;}$$

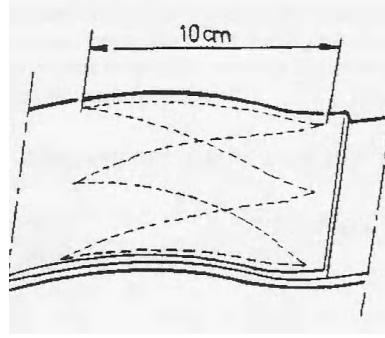
$$1.066.397,9 / 36.000 = 29,62 \cong 30 \text{ adet tekli ağ.}$$



30 (otuz) elemanlı ağ tasarlamamız mevcut tüm uçak kapasitelerimiz için yeterli olacaktır.

Diğer ağlarda olduğu gibi bizde naylon 6.6 iplikten dokunmuş ve ultraviyole ışınlar karşı dokuma sonrası özel bir reçineye daldırılmış kolanları kullanmanın en uygun olduğunu değerlendirdik.

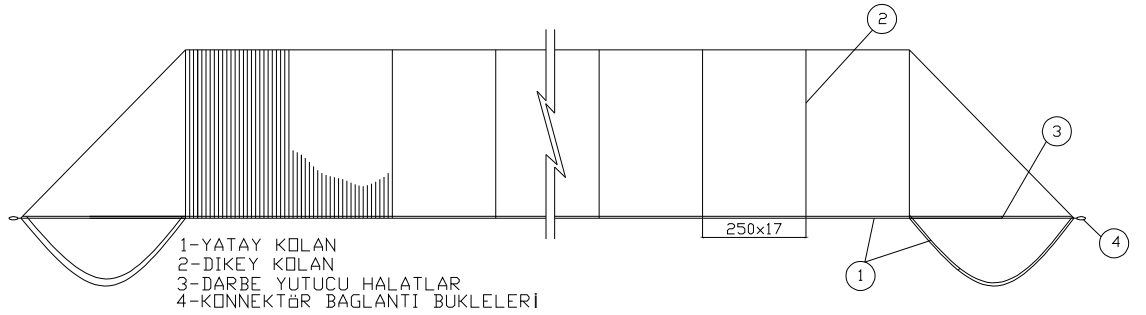
Ağın kolanlarında ve kolanlar arasında uygulanan Şekil 4-5’de görülen WM dikiş ipliklerinde naylon 6.6 seçilmesinin en önemli nedeni, naylonun yapısı gereği uzama sonrası haline dönebilmesini sağlayan elastikiyet kabiliyeti ve ipliğin diğer ipliklere göre olan kopma mukavemet değeridir. [26]



Şekil 4-5 WM Dikişi

30 adet tekli ağ paneli üst üste bindirildiğinde yığılma olmaması için her bir ağ panelindeki dikey kolan yatay kolanlara dikilirken kaydırma işlemi yapılır. Kaydırma işleminin yapılırken orantılı olması için;

$2,5 \text{ m} = 250 \text{ cm} \Rightarrow 250 / 18 = 13,8 \text{ cm}$  aralıklarla birleştirildiği zaman 30 ağ paneli üst üste geldiğinde bütün bir ağı oluşturacaktır.



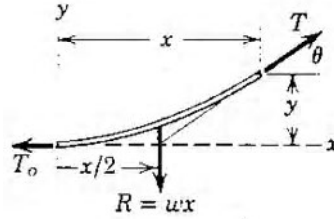
Şekil 4-6 Bariyer Ağı



$m_{ağ} = 30 \times 18 \text{ adet} \times 4,5 \text{ m.} \times 75 \text{ gr.} + 30 \times 1 \text{ adet} \times 60 \text{ m.} \times 55 \text{ gr.} + \text{bağlantı ağırlıkları}$

$$m_{ağ} = 182250 + 99000 + 10000$$

$m_{ağ} = 291250 \text{ gr. yaklaşık } m_{ağ} = 300 \text{ kg. olarak kullanılır.}$



Şekil 4-8 Ağı Taşıyan Kabloda Oluşan Gerilme

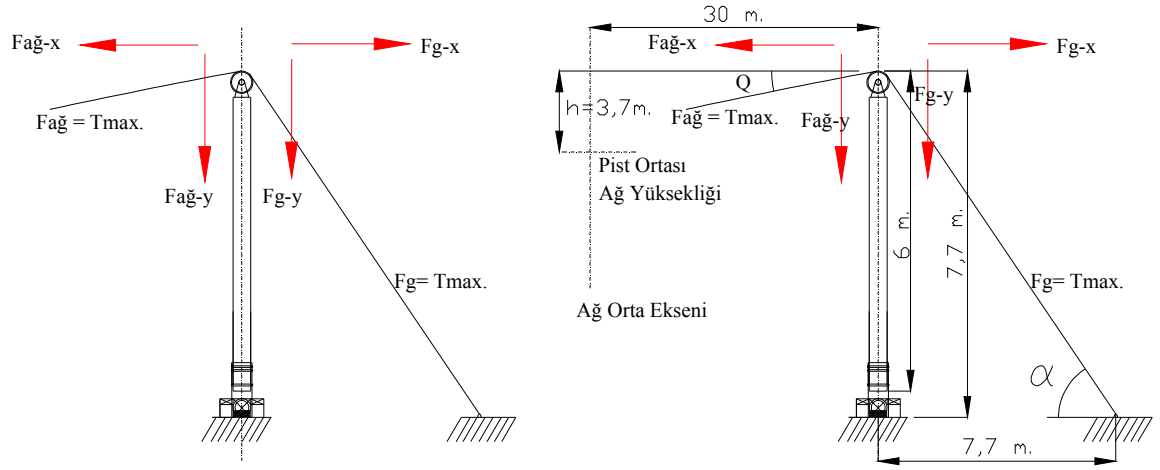
$$w = \frac{m_{ağ}}{L} = \frac{300}{60} = 5 \text{ kg / m}$$

$x = \frac{L}{2}$  ve  $y = h$  alınırsa Şekil 4-8'deki max.  $T$  gerilmesi bulunur. Bükülebilen kabloların taşıma hesabı formül (3.8)'e göre;

$$T_0 = \frac{w \cdot L^2}{8 \cdot h} = \frac{5 \cdot 60^2}{8 \cdot 3,7} = 608,1 \text{ kg.}$$

(3.10)'a görede;

$$T_{\max} = \sqrt{T_0^2 + w^2 \cdot x^2} = \sqrt{608,1^2 + 5^2 \cdot \left(\frac{60}{2}\right)^2} = 626,32 \text{ kg.}$$



Şekil 4-9 Kaldırma Direği Üzerine Gelen Kuvvetler

Şekil 4-9'dan görüleceği üzere kaldırma direği üzerine gelen kuvvetin x ve y bileşenleri alındığı zaman;

$$F_g - x = \cos \alpha \cdot T_{\max.} = \cos 45 \cdot 626,3 = 0,707 \cdot 626,3 = 442,79 \text{ kg.}$$

$$F_g - y = \sin \alpha \cdot T_{\max.} = \sin 45 \cdot 626,3 = 0,707 \cdot 626,3 = 442,79 \text{ kg.}$$

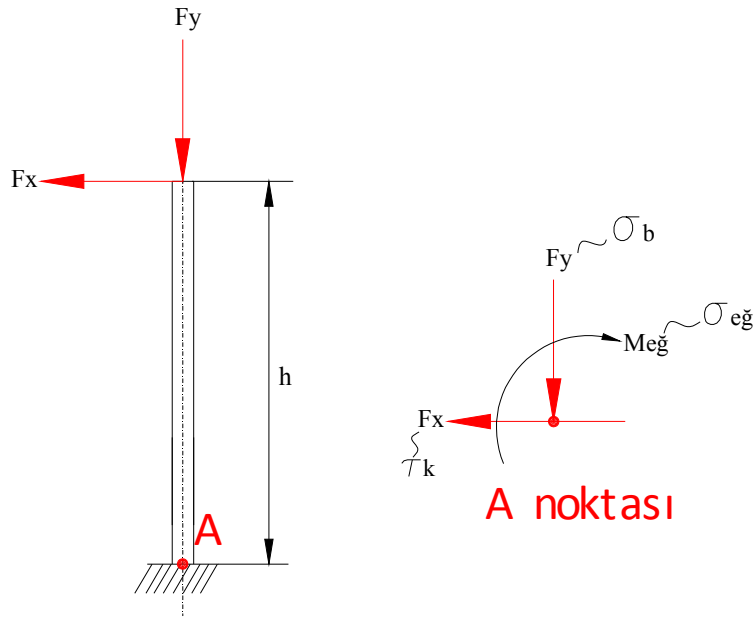
$$F_{ağ} - x = \cos Q \cdot T_{\max.} = \cos 7,03 \cdot 626,3 = 0,992 \cdot 626,3 = 621,28 \text{ kg.}$$

$$F_{ağ} - y = \sin Q \cdot T_{\max.} = \sin 7,03 \cdot 626,3 = 0,122 \cdot 626,3 = 76,4 \text{ kg.}$$

Buradan toplam  $F_x$  ve toplam  $F_y$  ;

$$\Sigma F_x = F_{ağ-x} - F_{g-x} = 621,28 - 442,79 = 178,49 \text{ kg.} = 1784,9 \text{ N.}$$

$$\Sigma F_y = F_{ağ-y} + F_{g-y} = -76,4 - 442,79 = -519,19 \text{ kg.} = 5191,9 \text{ N. (Bası kuvveti)}$$



Şekil 4-10 Direk Bağlantı Noktasına Gelen Kuvvetler

Maksimum biçim değiştirme enerjisi varsayımı teoremine göre burada eşdeğer gerilme ve eşdeğer moment formül (3.24)'den;

$$\sigma_{bil.} = \sqrt{(\sigma_e + \sigma_b)^2 + 3\tau_k^2} \leq \sigma_{em}$$

Formül (3.16)'dan

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} \Rightarrow M_e = \Sigma F_x \cdot h = 1784,9.6750 = 12048075 \text{ Nmm}$$

$$W = \frac{\pi}{32d_d} (d_d^4 - d_i^4)$$

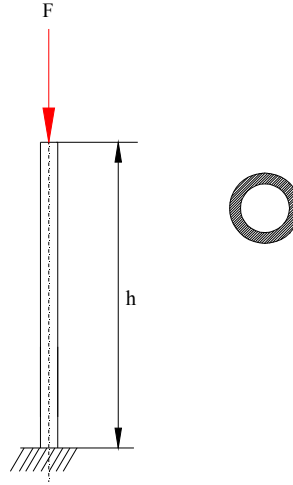
Türkiye'deki dikişsiz çelik boru üretimini yapan Çelbor'un Cetvel 4-1'de verilen üretim yelpazesi tablosundan [27] tasarımıımıza uygun bir boru çapı seçecek olursak;

$$d_d = 141,3 \text{ mm.}$$

$$d_i = 123,3 \text{ mm.}$$

$$W = \frac{\pi}{32d_d} (d_d^4 - d_i^4) = \frac{3,14}{32.141,3} (141,3^4 - 123,3^4) = 116320,07 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} = \frac{12048075}{116320,07} = 103,57 \text{ N/mm}^2$$



Şekil 4-11 Direk Bağlantı Noktasına Gelen Dik Kuvvet

$$\sigma_b = \frac{F}{A} = \frac{5191,9}{\frac{\pi(d_d^2 - d_i^2)}{4}} = \frac{5191,9}{3738,79} = 1,38 \text{ N/mm}^2$$

Formül (3.15)'den

$$\tau_k = \frac{\Sigma F_x}{A} = \frac{1784,9}{3738,79} = 0,47 \text{ N/mm}^2$$

Emniyet gerilmesi formül (3.26)'ya göre;

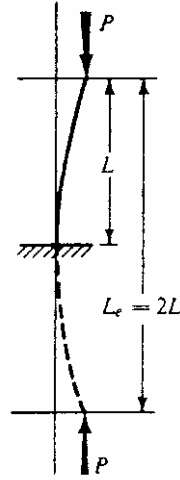
$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{AK}}{S} = \frac{350}{2,5} = 140 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bil.} = \sqrt{(\sigma_e + \sigma_b)^2 + 3\tau_k^2} \leq \sigma_{em}$$

$$\sigma_{bil.} = \sqrt{(103,57 + 1,38)^2 + 3 \cdot 0,47^2} \leq 140$$

$$\sqrt{11001,22} \leq 140$$

$104,88 \text{ N/mm}^2 \leq 140 \text{ N/mm}^2$  seçilen boru çapı emniyetlidir. Seçmiş olduğumuz boru çapını birde burkulma hesabına göre inceleyecek olursak;



Şekil 4-12 Kaldırma Direği Burkulma Şekli

St-52 çeliğinden boru

$$l = 5400 \text{ mm.}$$

$$l_{kr} = 10800 \text{ mm.}$$

$$\lambda_p = 85$$

Formül (3.29)'dan;  $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$

$$I = \frac{\pi}{64} (d_d^4 - d_i^4) = \frac{3,14}{64} (141,3^4 - 123,3^4) = 8218013,53 \text{ mm}^4$$

$$A = \frac{\pi}{4} (d_d^2 - d_i^2) = 3738,79 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{8218013,53}{3738,79}} = 46,88 \text{ mm.}$$

Formül (3.30)'dan;  $\lambda = \frac{l_{kr}}{i_{\min}}$

$$\lambda = \frac{l_{kr}}{i_{\min}} = \frac{10800}{46,88} = 230,37$$

$\lambda > \lambda_p$  olduğu için euler bölgesine göre formül (3-31)'e göre inceleriz.

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{l_{kr}^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 8218013,53}{10800^2} = 145880,73 \text{ N.}$$

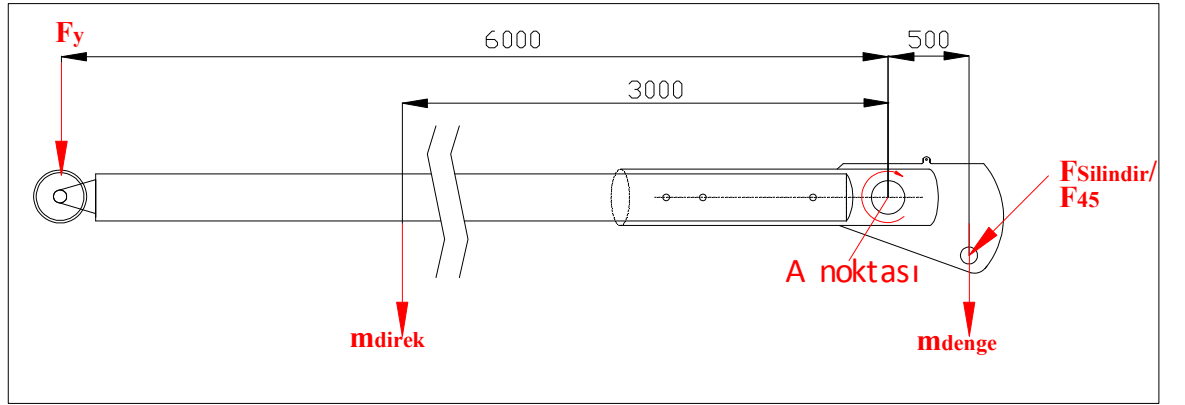
$F_{kr} \geq F$  olduğu için burkulmaya göre de seçtiğimiz direk emniyetlidir.

### 4.3. Ağ Kaldırma Sistemi Hidrolik Tasarımı

Ağ kaldırma sistemi hidrolik tasarımında; hidrolik devre elemanları olan silindirler, pompa, akümülatör, valfler, emme-basma hortumları ve sistemi besleyen elektrik motorunun tespiti ile başlayacağız daha sonrada hidrolik blok diyagramı ve devre şeması ile tamamlayacağız.

#### 4.3.1 Hidrolik Silindir Seçimi

Sistemimizin ihtiyaç duyduğu ekonomik ve yeterli gücü karşılayacak olan hidrolik silindirin seçimi için Şekil 4-13'deki 6(alı) metrelik kaldırma direğini içine yerleştireceğimiz alt kovana gelen yüklerin hesabını yapmamız gerekecektir.



Şekil 4-13 Kaldırma Direğine Etki Eden Kuvvetler

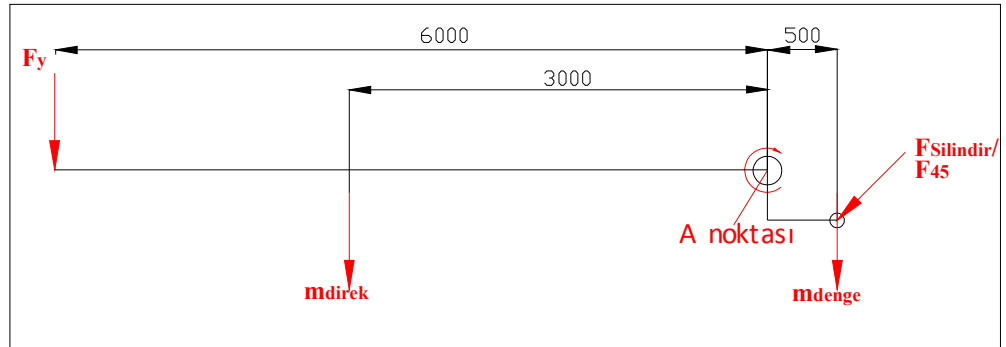
Şekil 4-13'de Hidrolik Silindirin uygulayacağı  $F_{\text{silindir}}$  kuvvetini bulabilmemiz için  $m_{\text{direk}}$  ve  $m_{\text{denge}}$  ağırlıklarını bulmamız gerekecektir.

$$A = \frac{\pi(d_d^2 - d_i^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (143,3^2 - 123,3^2)}{4} = 3738,79 \text{ mm}^2 = 37,38 \text{ cm}^2$$

$$m(\text{direk}) = A \cdot h \cdot \rho = 37,38 \cdot 600 \cdot 7,86 = 176284 \text{ gr.} = 176,28 \text{ kg.}$$

$$m(\text{denge}) = 33 \text{ kg.}$$





Şekil 4-14 Kaldırma Direği Kuvvet Diyagramı

$F_{\text{silindir}}$  kuvvetini bulabilmek için Şekil 4-14’de görülen A noktasına göre moment alırsak;

$$\frac{F_s}{\sin 45} \cdot 500 + m(\text{denge}) \cdot 500 = F_y \cdot 6000 + m(\text{direk}) \cdot 3000$$

$$\frac{F_s}{\sin 45} \cdot 500 + 330 \cdot 500 = 5192 \cdot 6000 + 1762,8 \cdot 3000$$

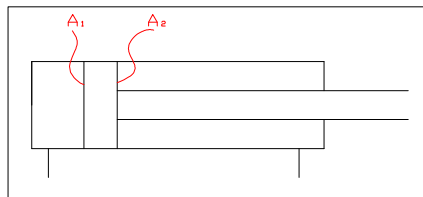
$$\frac{F_s}{0,707} \cdot 500 = 36275400$$

$$\frac{F_s}{0,707} \cdot 500 = 36275400 \Rightarrow F_s = 102617,8N$$

$$F_s = 10261,78kg.$$

$$A = \frac{F_s}{P} = \frac{10261,78}{160} = 64,13cm^2$$

Şekil 4-15’deki kaldırma silindirini, firmaların standart üretimlerinden seçmiş olduğumuz D/d; 100/70 standart silindirin  $F_{\text{itme}}$  ve  $F_{\text{çekme}}$  kuvvetleri değerlerini karşılaştıracak olursak;



Şekil 4-15 Kaldırma Silindiri

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} = 7850 \text{ mm}^2 = 78,5 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 70^2}{4} = 3846,5 \text{ mm}^2 = 38,4 \text{ cm}^2$$

$$F_{itme} = P \cdot A_1 = 160 \cdot 78,5 = 12560 \text{ kg} = 125600 \text{ N}.$$

$$F_{çekme} = P \cdot A_2 = 160 \cdot 38,4 = 6144 \text{ kg} = 61440 \text{ N}.$$

$F_{itme} = 125600 \text{ N}.$   $\rangle$   $F_{silindir} = 102617,8 \text{ N}.$  olduğu için seçmiş olduğumuz silindir yeterlidir.

#### 4.3.2 Hidrolik Pompa Seçimi

Pompalar karakteristik özelliklerine göre  $Q_{\min}$  ve  $Q_{\max}$  arasındaki debilerde basıncı uygun biçimde ayarlayarak sabit güç sağlayan hidrolik devre elemanlarıdır. [28] Hidrolik pompa seçimi için seçmiş olduğumuz silindir ve silindire ait strok hızını dikkate almamız gerekecektir. 100/70 hidrolik silindir 300 mm. Strok boyunu bariyer ağını 3 sn. içerisinde dikey pozisyona getirmesi istendiğinden;

$$v = \frac{h}{t} = \frac{300}{3} = 100 \text{ mm / sn} = 10 \text{ cm / sn}$$

$$\theta = \frac{3 \cdot A \cdot v}{50} = \frac{3 \cdot 78,5 \cdot 10}{50} = 47,1 \text{ lt / dk} \text{ debide hidrolik pompa seçmemiz yeterli}$$

olacaktır.

#### 4.3.3 Hidrolik Pompa İçin Gerekli Elektrik Motor Seçimi

Hidrolik sistemlerde pompayı harekete geçirecek elektrik motoru kapasitesi hesaplanırken  $\eta_g$  = Genel Verim (0,8...0,85) alınır. [29]

$$N = \frac{P \cdot \theta}{600 \cdot \eta_g} = \frac{160 \cdot 47,1}{600 \cdot 0,85} = 14,77 \text{ kW}$$

#### 4.3.4 Hidrolik Boruların Seçimi

$d$  = Boru iç çapı (mm)

$\theta$  = Pompa verdisi (lt / dk)

$v$  = Akış hızı (m / sn)

$v_{emme} = 1 - 1,5 \text{ m / sn}$

$$v_{basma} = 4 - 6 \text{ m / sn}$$

$$v_{donus} = 2 - 4 \text{ m / sn} \text{ [30]}$$

Yukarıdaki veriler altında hidrolik boru iç çaplarını hesaplayacak olursak;

$$d_{emme} = \sqrt{\frac{21 \cdot \theta}{v}} = \sqrt{\frac{21 \cdot 47,1}{1}} = 35,6 \text{ mm.} = 40 \text{ mm.}$$

$$d_{basma} = \sqrt{\frac{21 \cdot \theta}{v}} = \sqrt{\frac{21 \cdot 47,1}{5}} = 14,06 \text{ mm.} = 14 \text{ mm.}$$

$$d_{donus} = \sqrt{\frac{21 \cdot \theta}{v}} = \sqrt{\frac{21 \cdot 47,1}{3}} = 18,15 \text{ mm.} = 20 \text{ mm.}$$

#### 4.3.5 Hidrolik Devre Blok Diyagramı

(I) Hidrolik Hareket Silindiri:

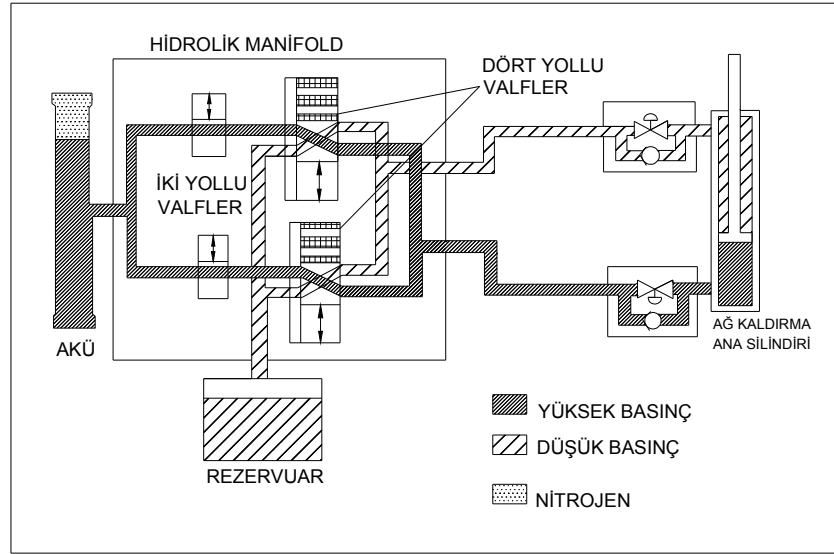
Direğin alt kısmını bir dönme noktası kadar döndürerek havaya kaldırır. Alt direk kısmına bir hidrolik silindir bağlanmıştır. Bu silindir direğin döndürülmesi için gerekli gücü sağlar.

(II) Akış Kontrol Valfleri :

Hidrolik hareket silindirinin her iki tarafındaki akış kontrol valfleri yerleştiririz. Akış kontrol valfleri yukarı ve aşağı devir zamanını ayarlamak için kullanılır. Hidrolik silindirin sıvı dönüş hattına yerleştirilen bu valfler yukarı ve aşağı devreleri sırasında silindirden gelen akış hızını/oranını düzenleyerek direğin muntazam hareketini sağlarlar. Dâhili bir çek valf, silindirin hareketi sırasında silindirin yüksek basınç tarafına hidrolik sıvının sınırsız akışını sağlar.

(III) Hidrolik Manifold Asamblesi :

Hidrolik manifold, kaldırma sistemini çalıştırmak için yüksek basınçlı sıvı sağlar ve silindirlerden geri dönen düşük basınçlı sıvı için bir dönüş yolu sağlar. Silindirlerden dönen düşük basınçlı sıvı hidrolik manifold vasıtası ile rezervuara gönderilir.



Şekil 4-16 İndirme/Kaldırma Sistemi Blok Diyagramı

Şekil 4-16'da görülen blok diyagramından anlaşılacağı üzere akümülatördeki 160 bar basınç kule veya yakın kumanda ile başlatma ikazının verilmesi ile birlikte iki yollu valflerden geçerek dört yollu üç konumlu valfin yönlendirmesi ile hidrolik silindire gelir ve kaldırma direği vasıtası ile bariyer ağını yatay konumdan dikey konuma getirir. Silindirin piston kolu tarafındaki düşük basınçlı yağ akış kontrol valfi üzerinden ve dört yollu üç konumlu valfin yönlendirmesi ile depoya geri döner. Akış kontrol valfleri hidrolik silindirin istenen hızda inip kalkmasını kontrol etmemizi sağlar.

Her bir dört yollu valf ile iki yollu valf paralel bir devre içinde monte edilmişlerdir. Bu düzenleme, eğer valf setinin biri çalışmazsa, sistem ikinci valf setinin içerisinde fonksiyonuna devam ederek indirme/kaldırma sisteminin çalışır kalmasını temin etmesi içindir.

#### 4.3.6 Akü Tekrar Şarj Sistemi Blok Diyagramı

Akü tekrar şarj sistemi, sistem basıncı istenilen değerin altına düştüğünde hidrolik aküyü tekrar doldurur. Sistem bir hidrolik sıvı deposu, bir sıvı filtresi, elektrikle çalışan hidrolik tekrar şarj pompası, otomatik tahliye valfi, bir boşaltma (el ile çalışan tahliye) valfi ve bir basınç sivici içerir. Sistem kaldırma/indirme sisteminde anlatılan hidrolik manifold ile aküyü birbirinden ayırır. Akü tekrar şarj sisteminin diyagramı Şekil 4-16'da gösterilmiştir.

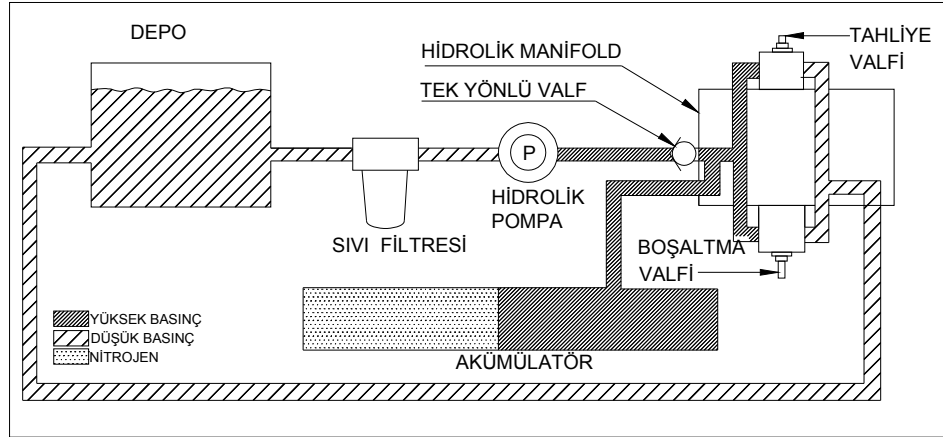
Direğin kaldırılıp indirilmesinden sonra aküdeki basınç azalacaktır. Basınç, depodan alınan hidrolik sıvı ilavesiyle akü tekrar şarj edilerek yenilenir. Tekrar şarj devresine basınç akü devresinde istenilen değerin altına düştüğünde elektrikli tekrar şarj pompasına otomatik çalıştıran bir basınç siviği bağlanmıştır. Aynı siviği aküdeki basınç istenen değere tekrar geldiğinde pompayı durdurur. Elektrikli hidrolik pompa rezervuardan hidrolik sıvıyı emer ve aküye boşaltır. Pompa ile akü arasında akışın tersine dönmesini önlemek için bir valf takılmıştır.

Aküdeki basınç tekrar depolandığında pompa durur.

Sistemdeki basınç valf ayarını aşarsa otomatik tahliye valfi açılır. Hidrolik sıvı rezervuara geri döner. Böylece basınç azalır.

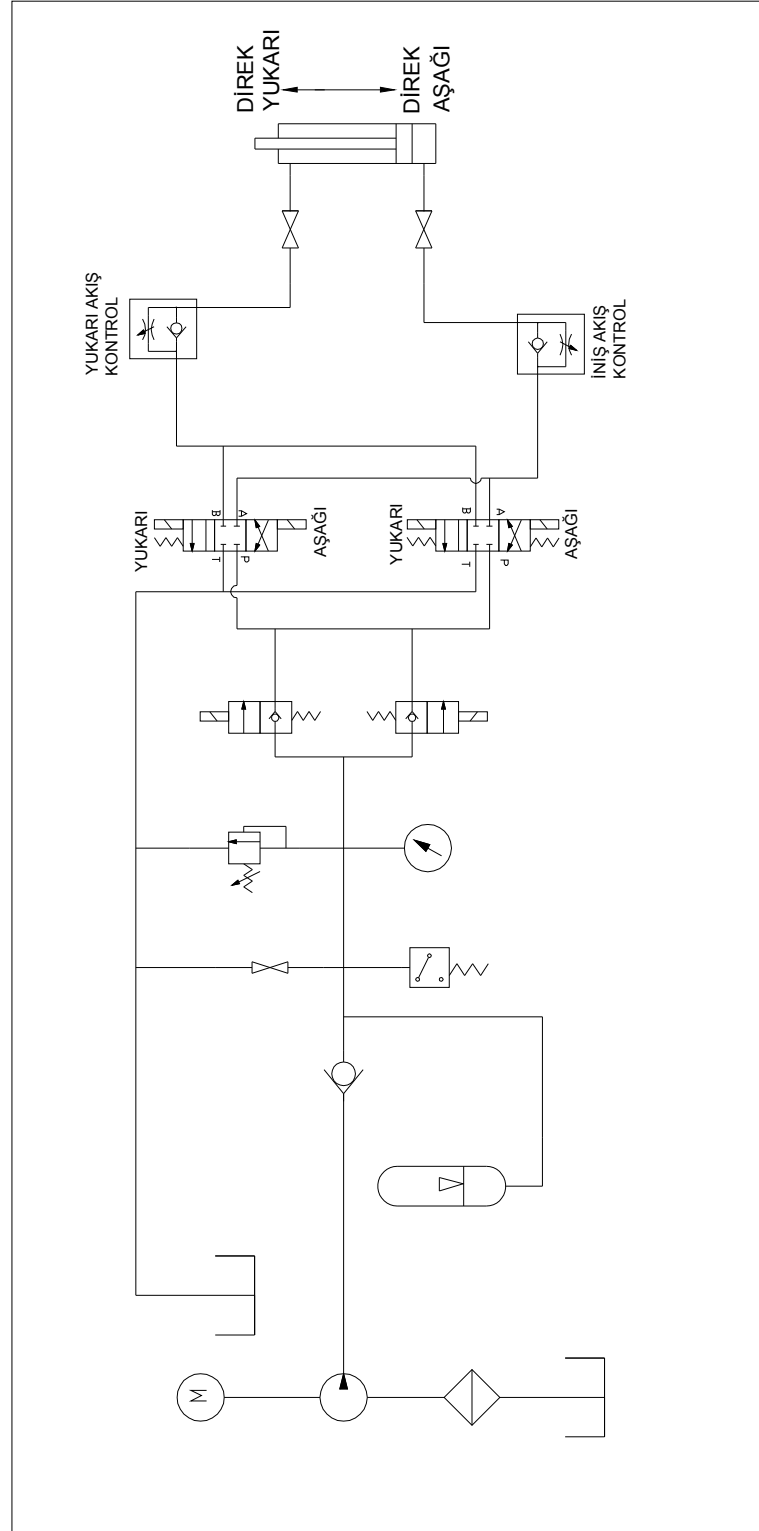
Sistemimize arıza ve bakım çalışmalarında kolaylık sağlayacağı düşünülerek, ayrıca el ile çalışan bir basınç tahliye valfide eklememizde fayda vardır. Bu valf operatöre, sistem basıncını el ile açarak düşürmeyi sağlar, sıvı rezervuara geri döner.

Akü tekrar şarj sistemindeki elemanların yerleri Şekil 4-17’de gösterilmiştir.



Şekil 4-17 Akü Şarj Sistemi Blok Diyagramı

Şekil 4-18’de ise tasarlamış olduğumuz kaldırma sisteminin komple hidrolik şemasını görebiliriz.



Şekil 4-18 Ağ Kaldırma Sistemi Hidrolik Şeması

## 5. BÖLÜM

### SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bariyer sistemleri, havacılık sektöründe özellikle avcı tip savaş uçaklarının emercensi fren arızalarında mal ve can güvenliği açısından çok önemli bir rol oynamaktadır. Bariyer sistemlerinin yakalama tertibatlarından birini oluşturan bariyer ağı ve hidrolik ağ kaldırma sistemi tasarımı ile milli üretimi henüz yapılmayan bir sistemin ilk adımlarının atılması, ülke ekonomimize de büyük katkılar sağlayacaktır.

Konu ile ilgili literatürde, patentler haricinde akademik bir çalışma ile karşılaşılmamış olması, hem patent haklarının belli bir süre korunmasından hem de havacılık sektörü haricinde sistemlerin başka sanayi dallarında kullanılmaması olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmada hem bariyer sistemleri detaylı olarak tanıtılmaya çalışılmış hem de hidrolik ağ kaldırma sistemi için gerekli olan başlıca komponentlerin seçim kriterleri mekanik ve hidrolik hesaplamalar ile ortaya konarak tasarım işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil: 5-1 Ağ Bariyer Sistemi İle Uzay Mekiği Yakalama

Tasarımı yapılan bariyer ağı ve hidrolik ağ kaldırma sistemi, yapılacak başka çalışmalarla gelecekte sivil havacılık sektörüne de uygulanabilirliği değerlendirilmelidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ağ bariyer yakalama sistemlerinin daha ağır tonajlı Şekil 5-1'de görülen uzay mekiklerinin yakalama işlemlerinde kullanılması yolcu uçakları içinde geliştirilebileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle fren veya başka nedenlerle pist içerisinde duramayan sivil yolcu uçaklarının can ve mal güvenliğini de arttıracak bir ağ bariyer sisteminin yapılabilirliğinin değerlendirilmesi önem arz eden bir yaklaşım tarzı olacaktır.



## KAYNAKLAR

1. Şahin, M., Türk Savunma Sanayisinin Millileştirilmesinde Bir Model ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 2001
2. Zıylan, A., Rüzgar Tüneli, Savunma Sanayi ve Atatürkçülük, Aselsan Dergisi, Ankara, Kasım 1998
3. Alniak, M.O., Türk Savunma Sanayisinin NAMSA'ya ve NATO Alt Yapı Projelerine Entegrasyonu, NAMSA Semineri-2001 Bildiri Metinleri, s.14, Ankara, 2001
4. Türk Sanayicilerinin NAMSA ve NATO Alt Yapı Projelerine Entegrasyonu Semineri Bildiriler Kitabı, s.135, MSB Dış Tedarik Dairesi Başkanlığı/TOBB, Ankara, 2001
5. Blanchard, B.S., System Engineering and Management, John Willey-Sons, New York, 1991
6. Aytekin A., Askeri Havacılıkta Sistem Mühendisliği İhtiyacı ve 1'nci HİBM K.lığındaki Uygulamaları, 1'nci Sistem mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu Bildiriler-II, s.255, Ankara, 1995
7. Çelik H.K., Uçar M., Çavdar A., Hidrolik Boom Tipi Örnek Bir Krende Statik Yükleme Sonucu Oluşan Gerilmelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2007
8. Öztepe H., Transport Tekniği-Kaldırma ve Taşıma Makineleri, İstanbul, 1999
9. Demirsoy, M., Zeren, E., "Kule Kren Kafes Kriş Taşıyıcı Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Analizi", İletim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, İstanbul, 2003
10. Mercan, S., "KöprülÜ Krenlerde Köprü Üzerinde Oluşan Gerilme Dağılımının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 2002
11. SARI, H., Ekskavatörlerin Hidrolik Tasarımlarına Esas Olacak Temel Parametrelerin Belirlenmesi ve Teknik ve Ekonomik Yönden Optimum Hidrolik Elemanların Seçilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2003
12. Fonden, B., Hejdegataa, Karl Ove Torgny Walaader, Sweden Filed, Arresting Devices For Airplanes US patent 3 128 972, Jan 1962

- 13 Borehag, L.M., Borgs Fabricks AB, Norrkoping, Sweden, Assignee, Aircraft Barrier Net, US patent 3 738 599, June 12, 1973
- 14 Bernard J. P., Meningand P. A. et al, Aerazur Constructions Aeronautiques, France, Assignee, Aircraft Arresting Gear Net Raising Device, US patent 4 056 247, Nov 1, 1977
- 15 Snow J.E., Fairborn, Ohio, Assignor to Acme Precision Products, Inc., Dayton, Ohio, a Corporation of Ohio, Lifter Strap For Aircraft Barriers, US 2 859 928, Nov. 11, 1958
- 16 Bernard J. P., Aerazur Constructions Aeronautiques, France, Assignee, Aircraft Stopping Or Arresting Barriers, US patent 3 622 107, Nov 1971
- 17 Fonden, B., Hejdegataa, Karl Ove Torgny Walaader, Sweden Filed, Storing Mechanism For Airplane Arresting Nets US patent 3058703, Oct 1962
- 18 Killian J.R., P.S.S.C. Modern Fizik, M.E.B, İstanbul, 1968
- 19 [http://www.esco.zodiac.com/documents/003\\_SF.pdf](http://www.esco.zodiac.com/documents/003_SF.pdf)
- 20 Erdoğan-Savcı-Toprak, Statik, Birsen Yayınevi, ISBN 975-511-052-6, İstanbul,
- 21 Akkurt M., Makine Elemanları Cilt I, Birsen Yayınevi, ISBN 975-511-035-6, İstanbul, Nisan 1990
- 22 H.Demiray, Mukavemet Katı Cisimlerin Mekaniğine Giriş, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1990
- 23 Savcı M., Arpacı A., Mukavemet Problemleri, Birsen Yayınevi, ISBN 975-511-047-X, İstanbul, 1991
- 24 <http://site.mynet.com/m.tuzcu/tuzcu/id2.htm>
- 25 [http://www.f-16.net/gallery\\_item144793.html](http://www.f-16.net/gallery_item144793.html)
- 26 Coats, İplik ve Dikiş Teknolojisi, ISBN 975-94571-0-5
- 27 [http://www.celbor.com.tr/docs/katalog\\_sayfalar.pdf](http://www.celbor.com.tr/docs/katalog_sayfalar.pdf)
- 28 Brueninghaus Hydromatik, Hydraulic Pumps for Drive Hydraulics, RE 00190,Mannesmann Rexroth, Lohr am Main, 610 RE 93010, 2003.
- 29 Özcan F., Hidrolik Akışkan Gücü, Mert Eğitim Yayınları, İstanbul,1982

Ek-1

### BORU MALZEMELERİNE AİT STANDARDLAR / STANDARD STEEL GRADES ON PRODUCTION

| Standart<br>Standard | Kalite<br>Grade | Kimyasal Kompozisyon (%)<br>Chemical Composition by Weight (%) |           |           |           |           |          |          | Çekme Deneyi Değerleri<br>Tensile Tests                       |                                                                  |                              |
|----------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                      |                 | % C                                                            | % Mn      | % Si      | % Cr      | % Mo      | P<br>max | S<br>max | Akma<br>Mukavemeti<br>Yield<br>Strength<br>kg/mm <sup>2</sup> | Çekme<br>Mukavemeti<br>Tensile<br>Strength<br>kg/mm <sup>2</sup> | Uzama<br>Elongation<br>% Min |
| ASTM<br>A53          | GrA             | 0,25 max                                                       | 0,95 max  |           |           |           | 0,050    | 0,045    | 21 min                                                        | 34 min                                                           | 35                           |
|                      | GrB             | 0,30 max                                                       | 1,20 max  |           |           |           | 0,050    | 0,045    | 25 min                                                        | 42 min                                                           | 30                           |
| ASTM<br>A106         | GrA             | 0,25 max                                                       | 0,27-0,93 | 0,10 min  |           |           | 0,035    | 0,035    | 21 min                                                        | 34 min                                                           | 35                           |
|                      | GrB             | 0,30 max                                                       | 0,29-1,06 | 0,10 min  |           |           | 0,035    | 0,035    | 25 min                                                        | 42 min                                                           | 30                           |
| DIN 1629             | St37            | 0,17 max                                                       |           |           |           |           | 0,040    | 0,040    | 24 min                                                        | 36-49                                                            | 25                           |
|                      | St44            | 0,21 max                                                       |           |           |           |           | 0,040    | 0,040    | 20 min                                                        | 43-56                                                            | 21                           |
|                      | St52            | 0,22 max                                                       |           |           |           |           | 0,040    | 0,035    | 36 min                                                        | 51-66                                                            | 21                           |
| DIN 17175            | St35,8          | 0,17 max                                                       | 0,40-0,80 | 0,10-0,35 |           |           | 0,040    | 0,040    | 24 min                                                        | 37-49                                                            | 25                           |
|                      | St45,8          | 0,21 max                                                       | 0,40-1,20 | 0,10-0,35 |           |           | 0,040    | 0,040    | 26 min                                                        | 42-54                                                            | 21                           |
|                      | 15Mo3           | 0,12-0,20                                                      | 0,40-0,80 | 0,10-0,35 |           | 0,25-0,35 | 0,035    | 0,035    | 28 min                                                        | 46-61                                                            | 22                           |
|                      | 13CrMo44        | 0,10-0,18                                                      | 0,40-0,70 | 0,10-0,35 | 0,70-1,10 | 0,45-0,65 | 0,035    | 0,035    | 30 min                                                        | 45-60                                                            | 22                           |
|                      | 10CrMo910       | 0,08-0,15                                                      | 0,40-0,70 | 0,50 max  | 2,00-2,50 | 0,90-1,20 | 0,035    | 0,035    | 29 min                                                        | 46-61                                                            | 20                           |
| API 5CT              | J 55            | 0,34-0,38                                                      | 1,30-1,50 | 0,10-0,30 |           |           | 0,035    | 0,035    | 39-56                                                         | 53 min                                                           | 24                           |
|                      | K55             | 0,36-0,40                                                      | 1,40-1,60 | 0,10-0,30 |           |           | 0,035    | 0,035    | 39-56                                                         | 67 min                                                           | 19,5                         |
|                      | N80             | 0,42-0,47                                                      | 1,50-1,70 | 0,20-0,35 |           |           | 0,035    | 0,035    | 56-77                                                         | 70 min                                                           | 18,5                         |
| API 5L               | Gr A            | 0,22 max                                                       | 0,90 max  |           |           |           | 0,030    | 0,030    | 21 min                                                        | 34 min                                                           | 23-35                        |
|                      | Gr B            | 0,28 max                                                       | 1,20 max  |           |           |           | 0,030    | 0,030    | 25 min                                                        | 42 min                                                           | 20-30                        |

Tabloda gösterilmeyen malzeme standartları ile üretim, karşılıklı görüşme sonucu gerçekleştirilebilir.  
Production on other standards is available on request.

### ÜRETİLEN BORU EBATLARI / PRODUCT SIZE RANGE

| Dış Çap<br>Outside Diameter |                  |                  | Et Kalınlığı (mm)<br>Wall Thickness |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|------|----|----|----|----|
| mm                          | inç              | Anma<br>Nominal  | 2,8                                 | 3,2 | 3,6 | 4 | 4,2 | 4,5 | 5 | 6,3 | 7,1 | 7,5 | 8,2 | 8,5 | 9 | 12,5 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 23,1                        |                  | 1/2              |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 26,7                        |                  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 31,8                        |                  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 35,0                        |                  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 38,0                        | 1 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 42,4                        |                  | 1 <sub>in</sub>  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 48,3                        |                  | 1 <sub>in</sub>  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 51,0                        | 2                |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 54,0                        |                  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 57,0                        | 2 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 60,3                        | 2 <sup>5/8</sup> | 2                |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 63,5                        | 2 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 70,0                        | 2 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 73,0                        |                  | 2 <sub>in</sub>  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 76,0                        | 3                |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 82,5                        | 3 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 88,9                        | 3 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 101,6                       |                  | 3 <sub>in</sub>  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 108,0                       | 4 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 114,3                       | 4 <sub>in</sub>  | 4                |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 127,0                       | 5                |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 133,0                       | 5 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 139,7                       | 5 <sub>in</sub>  | 5                |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 141,3                       |                  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 159,0                       | 6 <sub>in</sub>  |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 168,3                       | 6 <sup>5/8</sup> | 6                |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 177,8                       | 7                |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 193,7                       | 7 <sup>5/8</sup> |                  |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 219,0                       | 8 <sup>5/8</sup> | 8                |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 244,5                       | 9 <sup>5/8</sup> | 9 <sup>5/8</sup> |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |
| 273,0                       | 10 <sub>in</sub> | 10               |                                     |     |     |   |     |     |   |     |     |     |     |     |   |      |    |    |    |    |

Ø26,7-273 mm dış çap ile 2,9-45 mm et kalınlığı arasında, tabloda taranmamış ölçüler için, karşılıklı görüşme sonucu üretim yapılabilir.

Pipe sizes out of the range indicated above are also available subject to prior negotiation.

Cetvel 4-1 ÇELBOR Dikişsiz Boru Üretim Yelpazesi

## ÖZGEÇMİŞ

Gürhan GÜNGÖRDÜ 1971 yılında Elazığ'da doğdu. İlk ve orta öğreniminin ardından 1988 yılında Yenimahalle Endüstri Meslek Lisesini Ankara'da tamamladı. 1996 yılında 9 Eylül Üniversitesi Denizli Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirdi. İmalat sanayinde bir süre çalıştıktan sonra 1998-2001 yılları arasında Dz.K.K.lığında, 2001 yılından buyana ise Hv.K.K.lığında sivil Makine Mühendisi olarak görev yapmaktadır. İş hayatı devam ederken Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisansa başladı. 2005 yılından itibaren Hv.K.K.lığında Bariyer Sistem Mühendisliği görevini icra etmektedir.

## İLETİŞİM BİLGİLERİ

**Adres :** Esenyurt Mah. Gediriz Cad.  
No:27/8 Melikgazi  
38050 KAYSERİ

**Telefon** : 0 545 824 04 00

**e-posta** : makinemuhendisi@hotmail.com