

Temel Uçuş ve Uçak Bilgisi

Öğr. Gör. Fatih ŞAHİN

1.Bölüm

UÇMA KAVRAMI VE HAVA ARAÇLARININ SINIFLANDIRILMASI

- 1.1. Uçma Kavramı
- 1.2. Aerodinamik Bilimi ve Havacılığın Öncüleri
- 1.3. Uçuş Prensibine Göre Hava Araçları
- 1.4. Kanat Yapısına Göre Hava Araçları
- 1.5. Güç Sistemlerine Göre Hava Araçları
- 1.6. İniş Yerine Göre Hava Araçları

- 1.7. Kullanım Amacına Göre Hava Araçları
- 1.8. Ağırlıklarına Göre Hava Araçları
- 1.9. Kumanda Durumuna Göre Hava Araçları
- 1.10. Uçuş Hızına Göre Hava Araçları
- 1.11. İniş Kalkış Yeteneğine Göre Hava Araçları
- 1.12. Özgün Hava Araçları

1.1. Uçma Kavramı

Uçma, havadan hafif hava araçlarının havada tutunarak hareket etmesi ya da havadan ağır hava araçlarının havada hareket ederek tutunması olayıdır.

Hava gemileri ve sıcak hava balonu gibi havadan hafif hava araçları, yoğunluk farkından dolayı havada tutunarak uçarken; metal alaşımları ve kompozit malzemelerden yapılan havadan ağır hava araçları, havada tutunmak için belli bir hızın üzerinde hareket hâlinde olmalıdırlar.

1.2. Aerodinamik Bilimi ve Havacılığın Öncüleri

Aerodinamik, nesnelerin etrafında meydana gelen hava akımlarını inceleyen bilim dalıdır.

Aerodinamik, aero (hava) ve dynamic (hareket) kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur.

Tablo 1.1. Hava araçlarının uçuş prensiplerinin karşılaştırılması

Parametre	Havadan Hafif Hava Araçları	Havadan Ağır Hava Araçları
Uçuş Stili	Tutunarak Hareket Etme (Aerostatik Tutunma)	Hareket Ederek Tutunma (Aerodinamik Tutunma)
Egemen Kuvvet	Kaldırma Kuvveti	Taşıma Kuvveti
Fiziksel Açıklama	Arşimet Prensibi	Bernoulli ve Coanda Prensibi
Hava Araçları	Sıcak Hava Balonu, Hava Gemileri (Zeplinler)	Uçaklar, Helikopterler

Hava Araçlarının Sınıflandırılması

Uçuş Prensibine Göre	Kanat Yapısına Göre	Güç Sistemlerine Göre	İniş Yerine Göre	Kullanım Amacına Göre	Kumanda Durumuna Göre	Uçuş Hızlarına Göre	Kalkış-İniş Yeteneklerine Göre
• Havadan Hafif • Havadan Ağır	• Sabit Kanatlı • Değişken Kanatlı • Döner Kanatlı • Çırpan Kanatlı	• Motorsuz • Motorlu • Piston • Turbojet • Turboprop • Turbofan	• Kara • Deniz • Amfibiyen	• Askeri • Sivil	• İnsanlı • İHA	• Sesaltı • Sesüstü • Sesaşırı	• Dikey Kalkış İniş (VTOL) • Kısa Kalkış İniş (STOL)

Şekil 1.1. Hava araçlarının sınıflandırılması

1.3. Uçuş Prensibine Göre Hava Araçları

1.3.1. Havadan Hafif Hava Araçları

Havadan hafif hava araçları ile havadan ağır hava araçlarının uçuş teorilerinin arkasında yatan fizik tamamen farklıdır.

Havadan hafif hava araçlarında ağırlık kuvvetini yenen kaldırma kuvveti tıpkı gemilerdeki kaldırma kuvveti (buoyancy force) gibidir.

- 1.3.1. Havadan Hafif Hava Araçları
- 1.3.2. Havadan Ağır Hava Araçları



Hava Gemisi



Sıcak Hava Balonu

Şekil 1.2. Havadan hafif hava araçları

1.4. Kanat Yapısına Göre Hava Araçları

1.4.1. Sabit Kanatlı Hava Araçları

Sabit kanatlı hava araçlarında taşıma organı kanat iken, döner kanatlı hava araçlarında kanatların yerini 360 derece dönebilen pervaneler ya da rotorlar almıştır.

Sabit kanatlı hava araçlarında tek kanatlı uçaklara monoplane, çift kanatlı uçaklara biplane uçaklar denir.

- 1.4.1. Sabit Kanatlı Hava Araçları
- 1.4.2. Değişken Kanatlı Hava Araçları
- 1.4.3. Döner Kanatlı Hava Araçları
- 1.4.4. Çırpan Kanatlı Hava Araçları



Gövde-Kanat Harmanlı Uçak: Boeing X-48C



Uçan Kanat: B-2 Spirit

Şekil 1.3. Silindirik gövdesi olmayan uçaklar



Planör



Yelken Kanat



Yamaç Paraşütü

Şekil 1.5. Motorsuz hava araçları

1.5. Güç Sistemlerine Göre Hava Araçları

1.5.1. Motorsuz Hava Araçları

Uçurtma, yelken kanat, yamaç paraşütü ve planör; motorsuz hava araçlarıdır.

Planörlerin belirli bir ilk hıza çıkması için ya çekici bir uçakla çekilmeleri ya da vinç kalkışı yapmaları gerekmektedir.

- 1.5.1. Motorsuz Hava Araçları
- 1.5.2. Motorlu Hava Araçları

1.6. İniş Yerine Göre Hava Araçları

1.6.1. Deniz Uçakları

Doğrudan deniz yüzeyine inebilen uçaklara deniz uçakları denir.

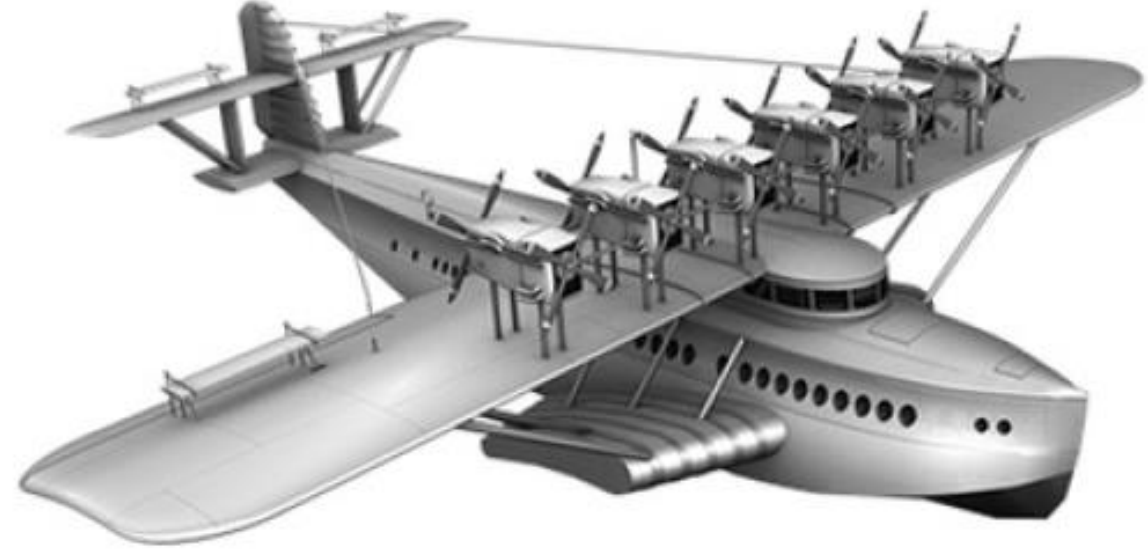
Deniz uçaklarında, iniş takımları dubalı (şamandıralı) olan tipler deniz uçağı (floatplane) olarak geçerken; doğrudan gövde üzerine inen deniz uçaklarına uçan tekne (flying boat) denir.

Şekil 1.7’de deniz uçağı ve uçan tekne gösterilmektedir.

- 1.6.1. Deniz Uçakları
- 1.6.2. Kara Uçakları
- 1.6.3. Amfibiye Hava Araçları



Deniz Uçağı (Floatplane)



Uçan Tekne (Flying Boat)

Şekil 1.7. Deniz uçakları

1.7. Kullanım Amacına Göre Hava Araçları

Kullanım amaçlarına göre uçaklar, en temelde askerî ve sivil havacılık uçakları olarak sınıflandırılabilir.

Tablo 1.2’de kullanım amaçlarına göre hava araçlarının sınıflandırılması verilmiştir.

- 1.7.1. Askeri Havacılık
- 1.7.2. Sivil Havacılık

Tablo 1.2. Kullanım amaçlarına göre hava araçları

Askerî Havacılık	Sivil Havacılık	Hem Askerî Hem Sivil Havacılık
• Avcı	• Ticari Yolcu	• Eğitim Uçakları
• Bombardıman	• Yangın Söndürme	• Nakliye Uçakları
• Taarruz	• Zirai	• Akrobasi Uçakları
• Önleme	• Sağlık	• Arama-Kurtarma Uçakları
• Keşif, Gözetim	• Hobi-Sportif	
• Elektronik Harp	• Madencilik	
• Deniz Devriyesi	• Haritacılık	
• Havadan Erken Uyarı ve Kontrol	• Fotoğrafçılık	

1.8. Ağırlıklarına Göre Hava Araçları

Motorlu uçaklar arasında en hafif uçaklar; eskiden mikrolight, şimdilerde ultralight denilen uçaklardır.

Uluslararası Havacılık Federasyonu (FAI) tanımına göre maksimum kalkış ağırlığı 450 kilogramı geçmeyen uçaklar, ultralight kategorisine girer.

Uçak Boş Ağırlığı: 115 kg
Maksimum Kalkış Ağırlığı: 220 kg



Ultralight Uçak: Dar Solo

Uçak Boş Ağırlığı: 285 ton
Maksimum Kalkış Ağırlığı: 640 ton



Kargo Uçağı: Antonov An-225 Mriya

Şekil 1.8. Hafif ve ağır uçakların karşılaştırılması

1.9. Kumanda Durumuna Göre Hava Araçları

İnsanlı uçaklarda pilotlar uçağın kontrolünü kokpit denilen bölmede yapar.

Küçük tip uçaklarda genelde tek pilot bulunur.

Ticari yolcu uçaklarında; uçuş deneyimi fazla olan kıdemli pilota kaptan pilot, diğer pilotlara yardımcı pilot (first officer) denir.



Radyo Kontrollü Kumanda



Otonom Uçuş için Yer istasyonu

Şekil 1.9. RC iletici kumanda ve yer istasyonu

1.10. Uçuş Hızına Göre Hava Araçları

Havacılıkta yüksek hızlı uçuşlarda referans alınan hız, ses hızıdır.

Ses hızı yaklaşık 20 °C sıcaklıkta 343 m/s, 667 knot ya da 1235 km/sa'dır.

Tarihte bilinen ilk sesüstü nesne kırbaçtır.



Sesaltı (Subsonik) Uçaklar



Sesüstü (Süpersonik) Uçaklar



Sesaşırı (Hipersonik) Uçaklar

Şekil 1.10. Uçuş hızlarına göre hava araçları

1.11. İniş Kalkış Yeteneğine Göre Hava Araçları

1.11.1. Dikey Kalkış İniş (VTOL) Hava Araçları

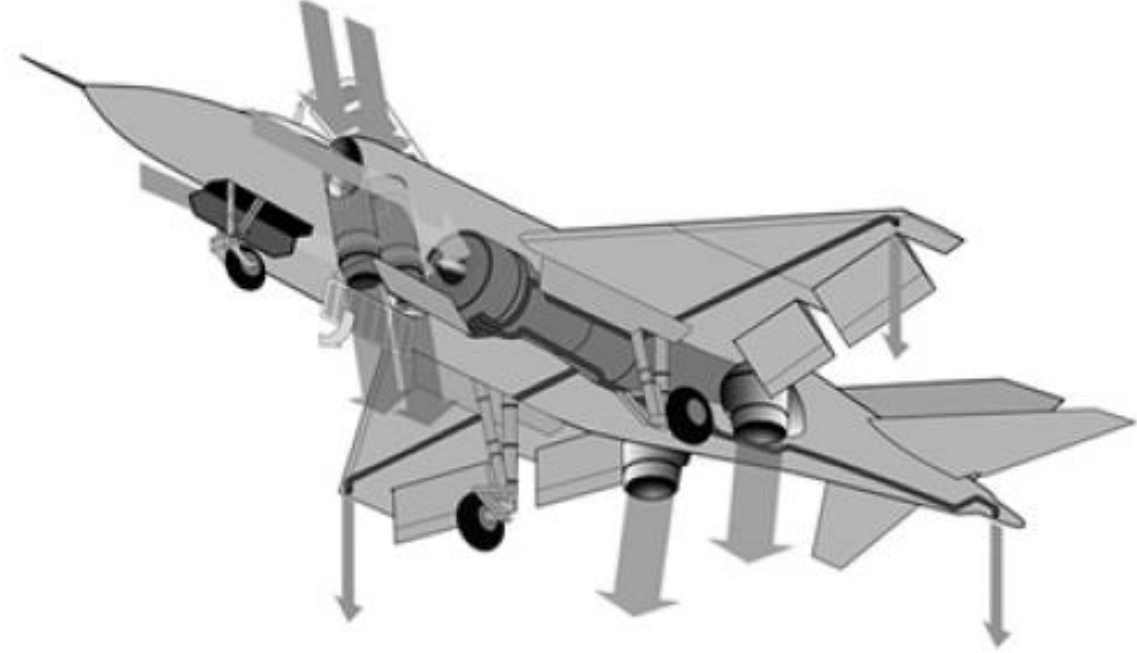
Dikey kalkış iniş (vertical take-off landing, VTOL) uçaklar, dikey olarak kalkabilen ve inebilen uçaklardır.

Helikopterlerin ve hibrit oluşum olan tiltrotorların yanı sıra bazı sabit kanatlı uçaklar, dikey kalkış ve iniş yapabilir.

- 1.11.1. Dikey Kalkış İniş (VTOL) Hava Araçları
- 1.11.2. Kısa Kalkış ve İniş (STOL) Hava Araçları



Tiltrotor: V-22 Osprey



VTOL Savaş Uçağı: Yak-38

Şekil 1.11. Dikey kalkış-iniş yapan (VTOL) hava araçları

1.12. Özgün Hava Araçları

Bu başlık altında geleneksel tasarımların dışına çıkan birkaç uçağa değinilmiştir.

Şekil 1.12’de özgün tasarıma sahip uçaklardan olan Gee Bee, Beechcraft Starship, Aerion AS2 ve Airbus Beluga uçakları gösterilmektedir.

2.Bölüm

TEMEL KAVRAMLAR VE AKIŞKANLAR MEKANİĞİ

- 2.1. Uçağın Anatomisi
- 2.2. Fiziksel Büyüklükler ve Newton'un Yasaları
- 2.3. Uçağa Etki Eden Kuvvetler ve Momentler
- 2.4. Aerodinamik Kuvvetler ve Momentlerin Kaynağı
- 2.5. Sınır Tabaka Kavramı ve Akış Rejimleri
- 2.6. Kütle, Momentum ve Enerji Korunumu

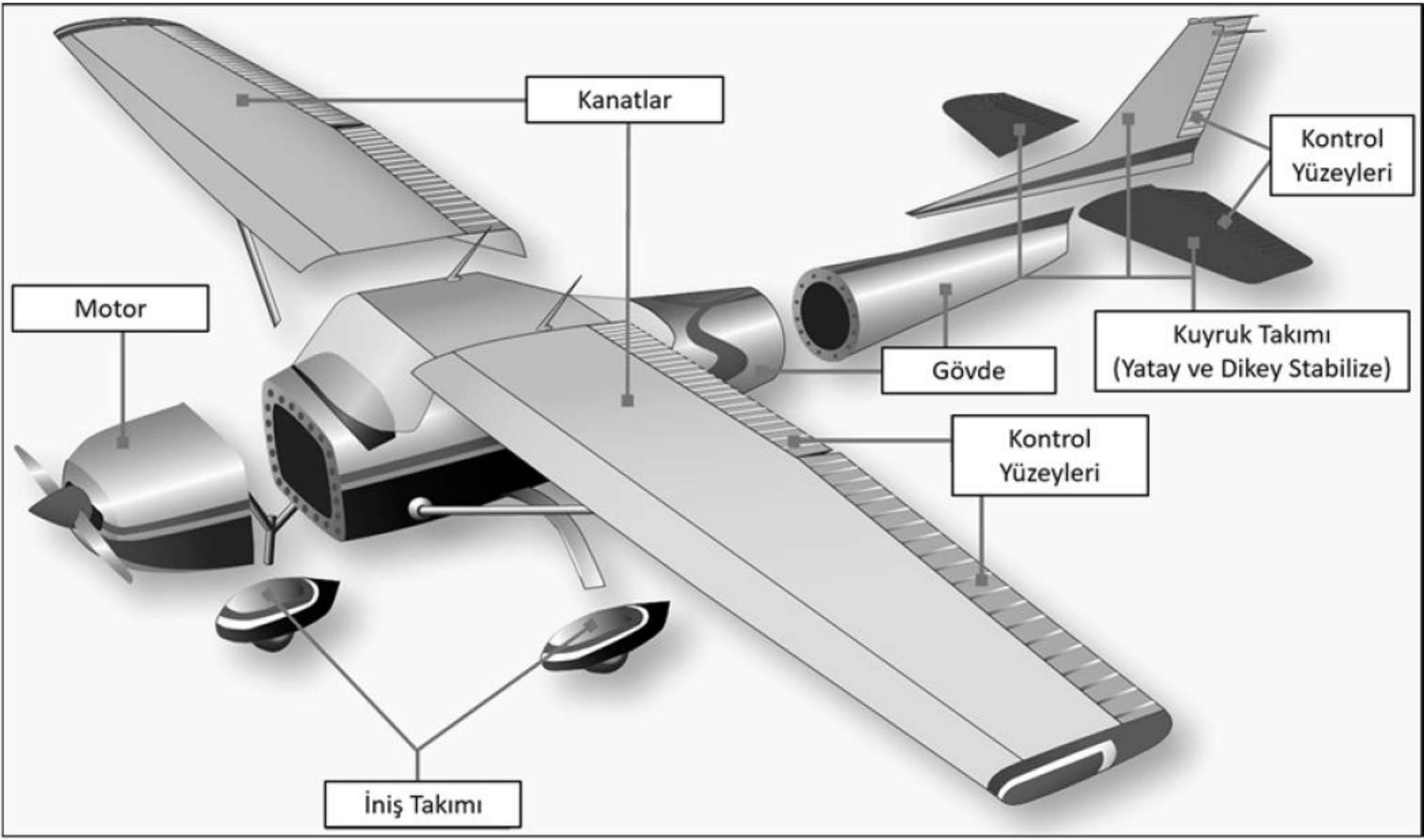
- 2.7. Bernoulli Prensibi
- 2.8. Pitot Tüpü
- 2.9. Havacılıkta Önemli Boyutsuz Sayılar
- 2.10. Deneysel Aerodinamik
- 2.11. Coanda Etkisi
- 2.12. Magnus Etkisi

2.1. Uçağın Anatomisi

Uçağın ana yapısını; gövde, kanatlar, motor, kontrol yüzeyleri, kuyruk takımı ve iniş takımları oluşturur.

Şekil 2.1’de uçağı oluşturan temel yapılar görülebilir.

- 2.1.1. Gövde
- 2.1.2. Kanatlar
- 2.1.3. Kuyruk Takımı
- 2.1.4. İniş Takımları
- 2.1.5. Motorlar
- 2.1.6. Kontrol Yüzeyleri



Şekil 2.1. Uçağın temel bileşenleri

2.2. Fiziksel Büyüklükler ve Newton'un Yasaları

Fizikte kullanılan büyüklükler, skaler ve vektörel büyüklükler diye ikiye bölünür.

Skaler büyüklüklerde yön kavramı yokken, vektörel büyüklüklerde ise uygulama noktası etrafında bir doğrultu ve yön söz konusudur.

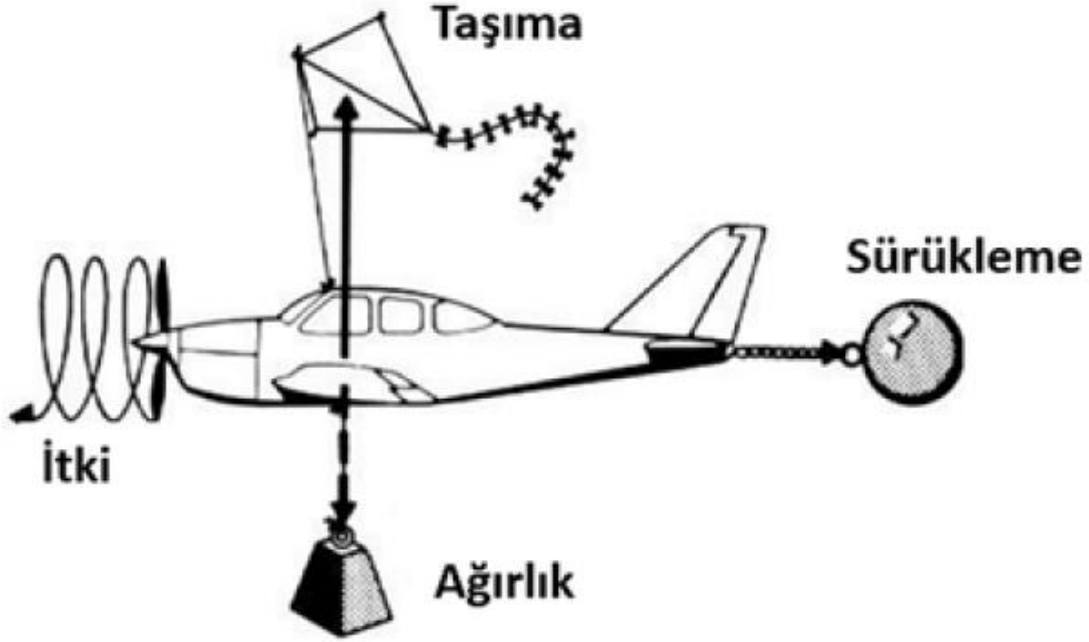
Tablo 2.1. Temel boyutlar ve birimler

Boyut	Kısaltma	Birim	Kısaltma
Kütle	[M, mass]	Kilogram	[kg]
Uzunluk	[L, length]	Metre	[m]
Zaman	[T, time]	Saniye	[s]

2.3. Uçağa Etki Eden Kuvvetler ve Momentler

Ağırlık, uçağın mevcut kütlesinin yerçekimi etkisiyle düşey doğrultuda aşağı yönde oluşturduğu kuvvete denir.

Taşıma; aerodinamik bileşke kuvvetinin, nispi rüzgâr doğrultusuna dik bileşeni olup, uçağın havada tutunmasını sağlayan kuvvettir.



4 Kuvvetin Kavramsal Gösterimi



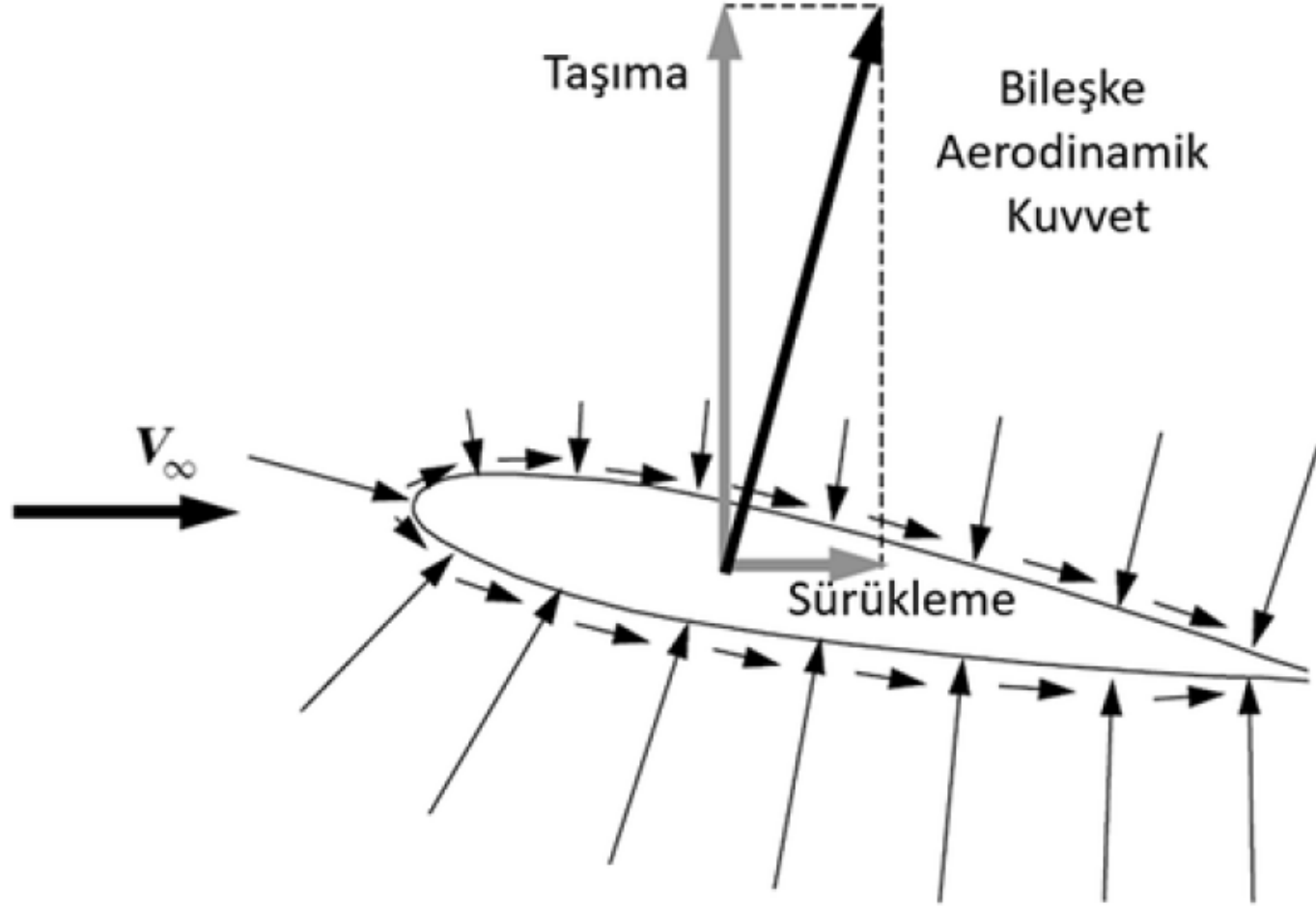
4 Kuvvetin Aerodinamik Gösterimi

Şekil 2.2. Uçağa etki eden dört kuvvet

2.4. Aerodinamik Kuvvetler ve Momentlerin Kaynağı

Hava akımının bir nesnenin yüzeyi üzerindeki herhangi bir noktada etki ettiği kuvveti, dik kuvvet ve teğet kuvvet olarak iki bileşene ayırmak mümkündür.

Bu kuvvetlerden yüzeye dik olan bileşen normal gerilme ya da basınç, teğet olanı ise kayma gerilmesi ya da kesme olarak adlandırılır.



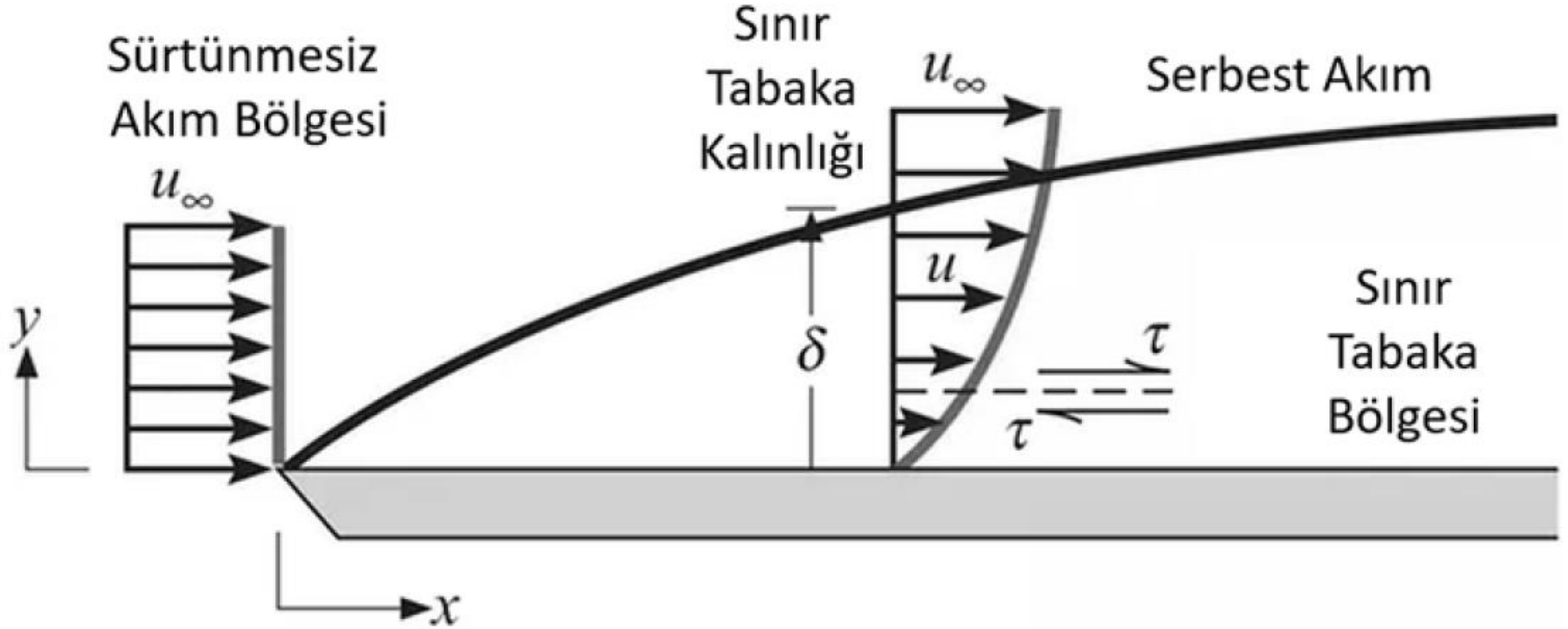
Teğet Kuvvetler	→	Kayma Gerilmesi
Dik Kuvvetler	↓	Normal Gerilme

Şekil 2.4. Aerodinamik kuvvetler ve momentlerin kaynağı

2.5. Sınır Tabaka Kavramı ve Akış Rejimleri

Uçuşa etki eden fiziğin anlaşılması için bu bölümde akışkanlar mekaniğinin çok detaylarına girmeden konuların özünün verilmesi hedeflenmiştir.

Hava akımları, belirli zamanda ürettikleri akımlara göre daimî akımlar ve daimî olmayan akımlar olarak ikiye ayrılır.

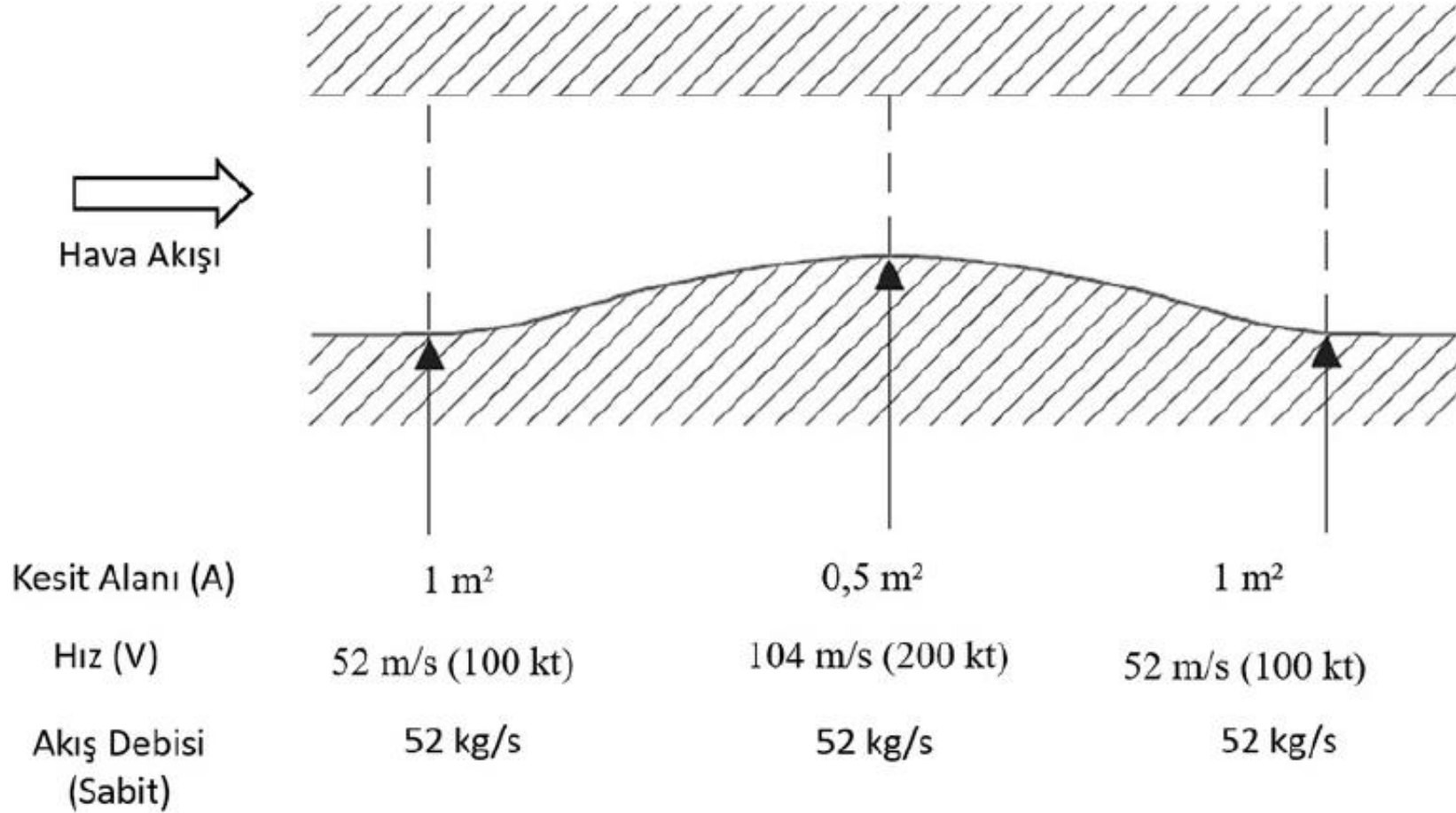


Şekil 2.5. Sınır tabaka ve serbest hava

2.6. Kütle, Momentum ve Enerji Korunumu

Kütlenin korunumu; kütlenin yok edilmeyeceğini eğer bir sistemde birikme yoksa kararlı ve daimî bir akış varsa bir istasyondaki hava debisinin; havanın yoğunluğu, akış hızı ile istasyonun kesit alanın çarpımına eşit olduğunu ve sürekli korunduğunu söyler.

$$\rho_1.A_1.V_1 = \rho_2.A_2.V_2 = \rho_3.A_3.V_3 = \text{sabit} \quad (2.9)$$



Hava yoğunluğu $\rho=1 \text{ kg/m}^3$ olarak alınmıştır.

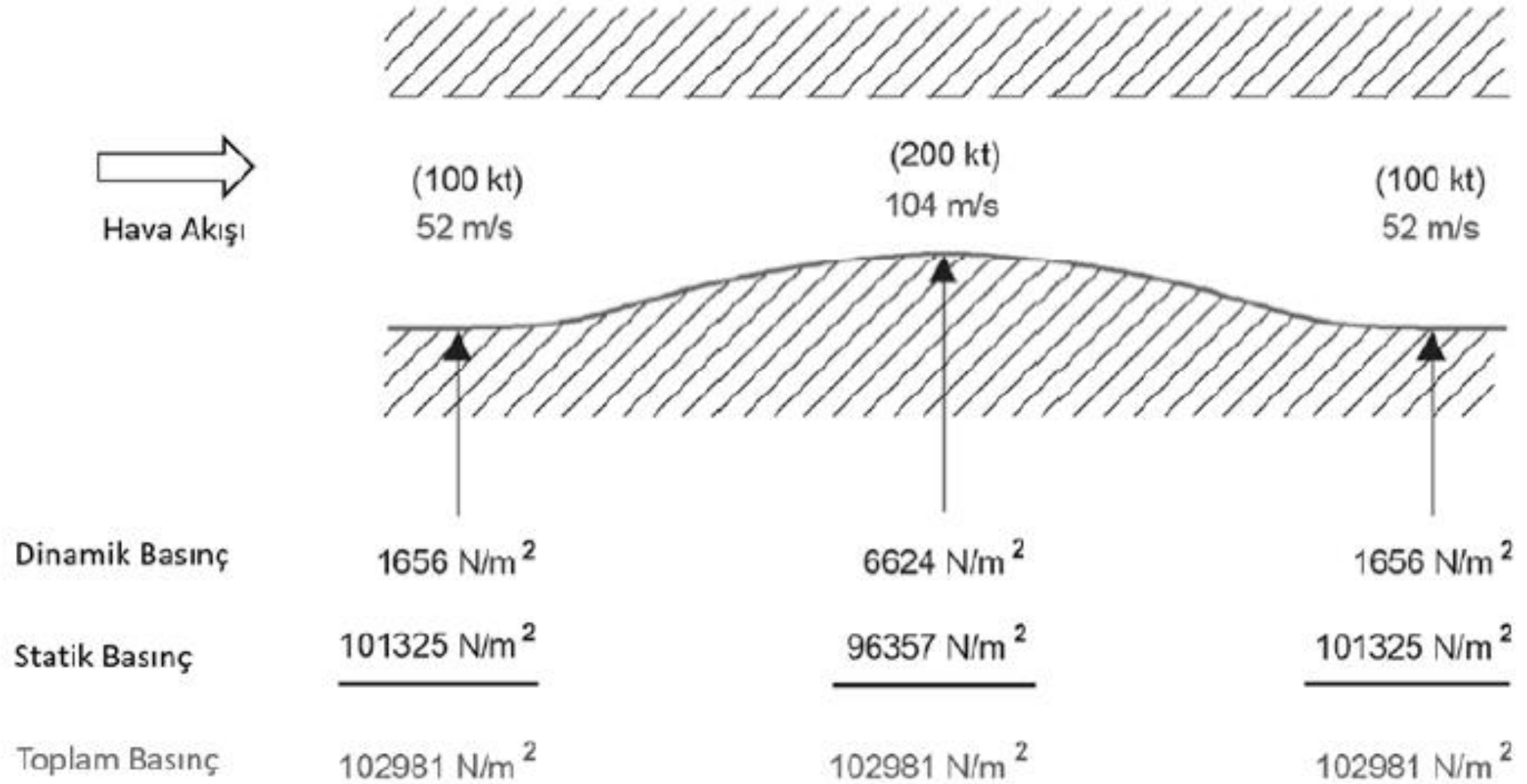
Şekil 2.7. Daralan bir kanalda kütle korunumunun gösterimi

2.7. Bernoulli Prensibi

Basınç, birim alana (A) etki eden kuvvet (F) olarak tanımlanır.

Statik basınç, durağan havanın kendi ağırlığından dolayı birim alana uyguladığı kuvvettir.

Bu yüzden Denklem 2.10'daki gibi kuvvet (F) yerine ağırlık (W) yazılabilir.

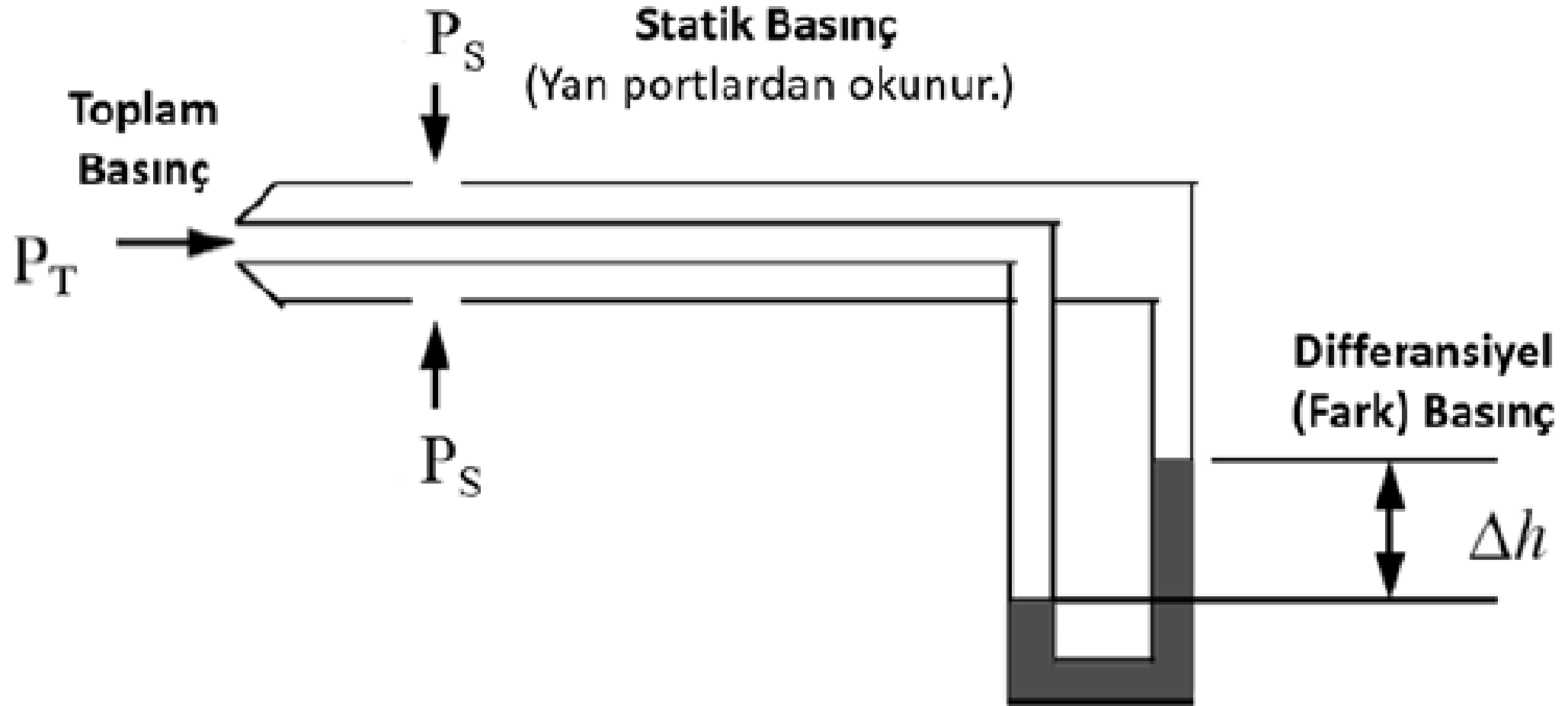


Şekil 2.8. Daralan bir kanalda Bernoulli prensibinin gösterimi

2.8. Pitot Tüpü

Henri Pitot tarafından icat edilen pitot tüpler, uçaklarda hava hızını ölçen cihazlardır.

Çoğu kez statik ya da dinamik basıncın kendisini değil de her ikisi arasındaki fark basıncı (diferansiyel basıncı) bilmek gerekir.



Şekil 2.9. Pitot tüpü ile hız ölçümü

2.9. Havacılıkta Önemli Boyutsuz Sayılar

2.9.1. Mach Sayısı

Mach sayısı; bir ortamdaki hava akış hızının, lokal ses hızına oranıyla elde edilen boyutsuz bir sayıdır.

Özellikle savaş uçağı pilotları uçuş hızlarını ifade ederken hep Mach cinsinden ifade eder.

- 2.9.1. Mach Sayısı
- 2.9.2. Reynolds Sayısı

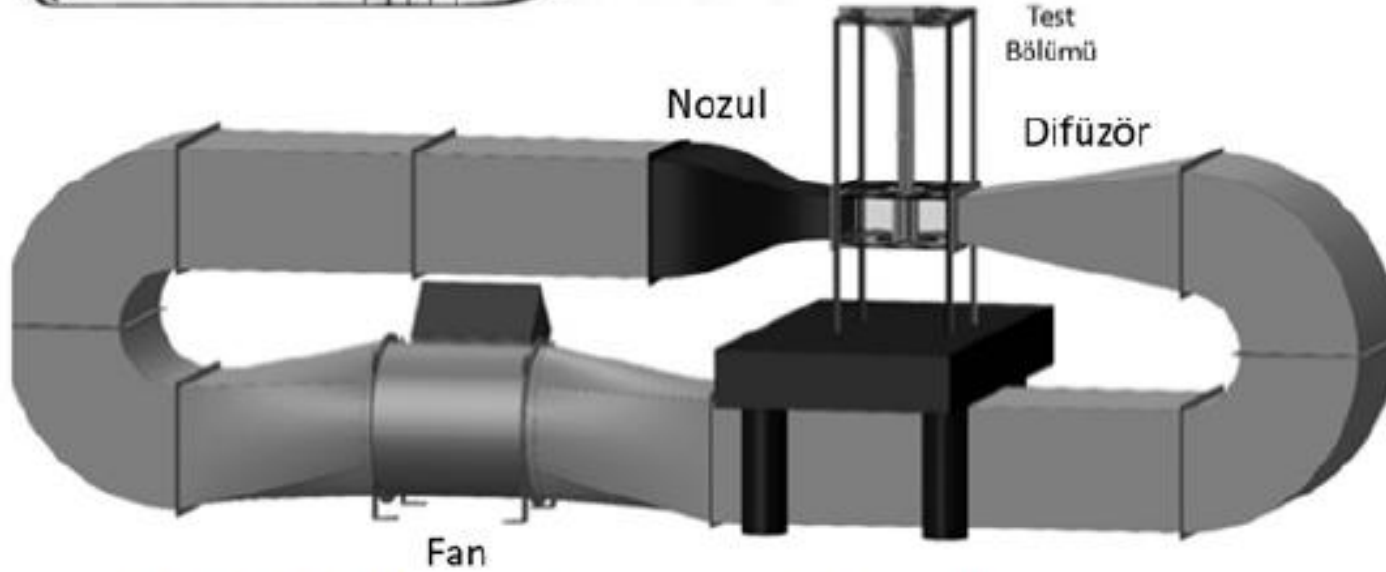
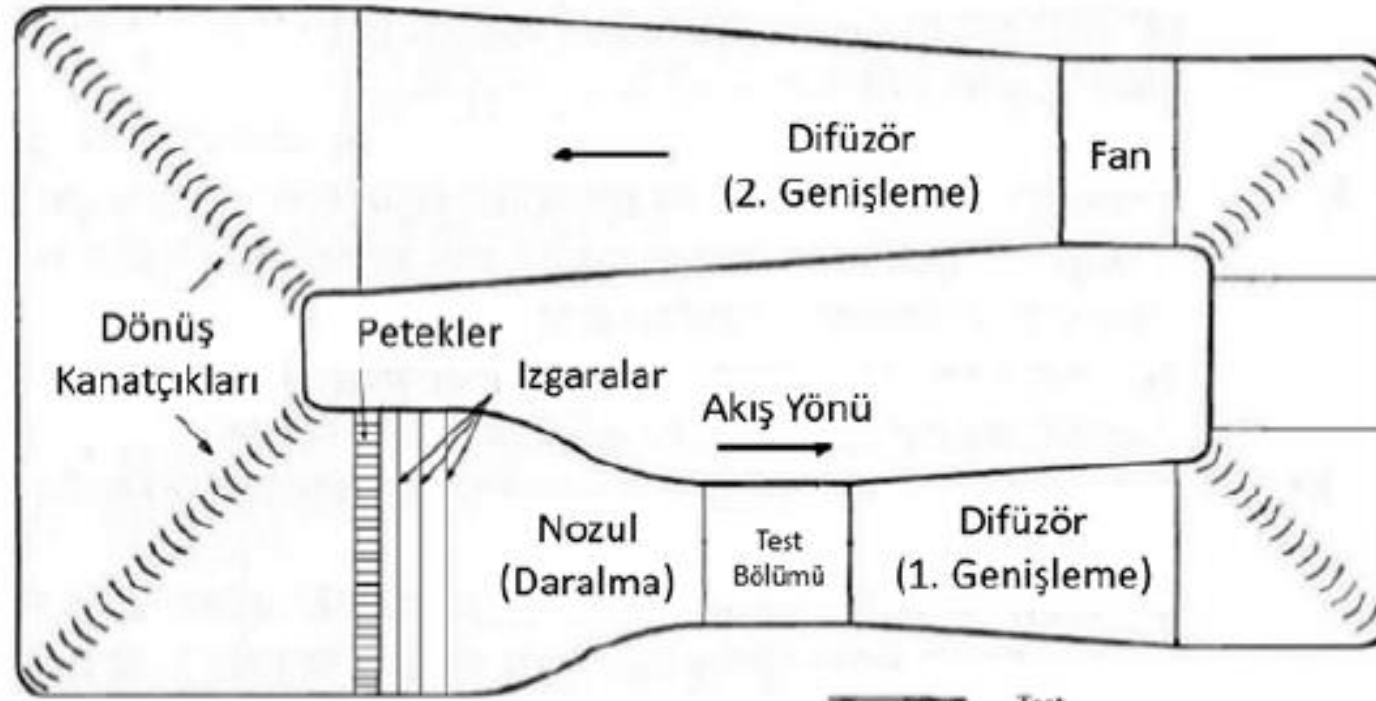
2.10. Deneysel Aerodinamik

2.10.1. Akım Benzerliği

Rüzgâr tünelleri; içinde hareketli hava akışı olan büyük tüneller olup, uçuş sırasında bir nesnenin aerodinamik özelliklerini öğrenmek için kullanılır.

Rüzgâr tüneline genelde ürünün kendisini birebir boyutlarda test etmek oldukça maliyetlidir.

- 2.10.1. Akım Benzerliği
- 2.10.2. Rüzgar Tünelleri

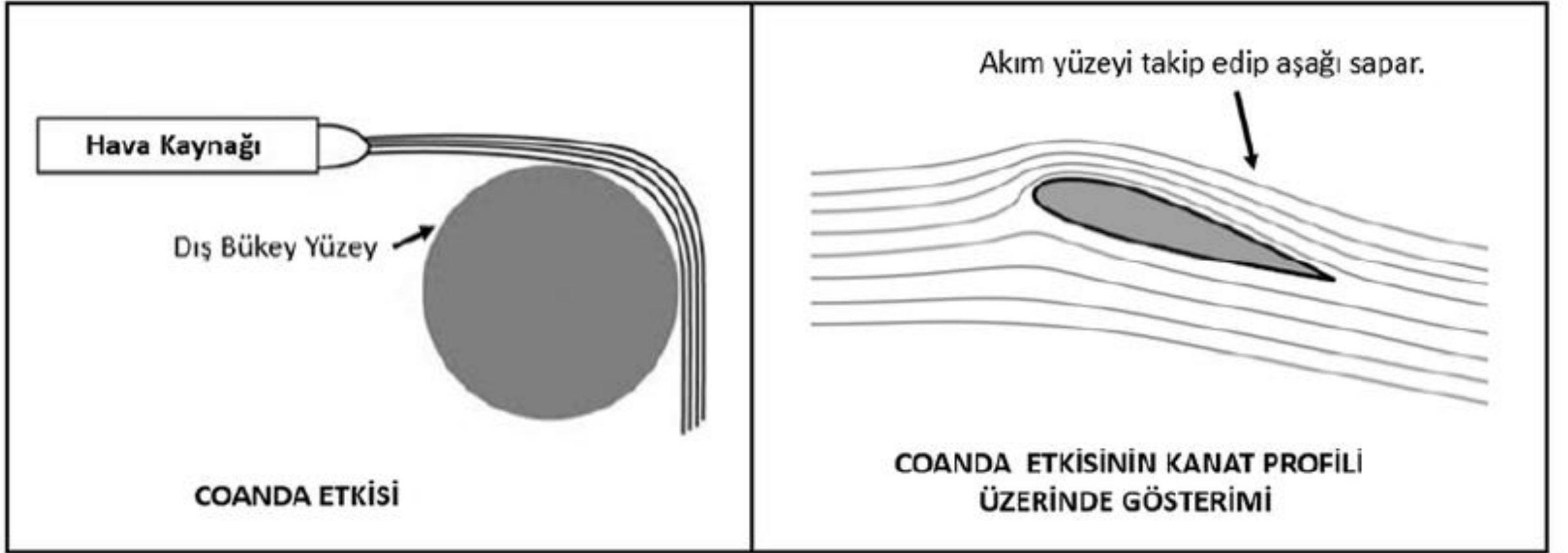


Şekil 2.10. Kapalı devre rüzgâr tünelinein elemanları

2.11. Coanda Etkisi

Coanda Etkisi, bir akışkan jetinin dışbükey (yuvarlı ve kavisli) bir yüzeyi takip ederek tutunma eğilimidir.

Coanda Etkisi adını kısaca "akışın dışbükey bir yüzeyi takip etme eğilimi" olarak nitelendiren Romen mucit Henri Coanda'dan almıştır.



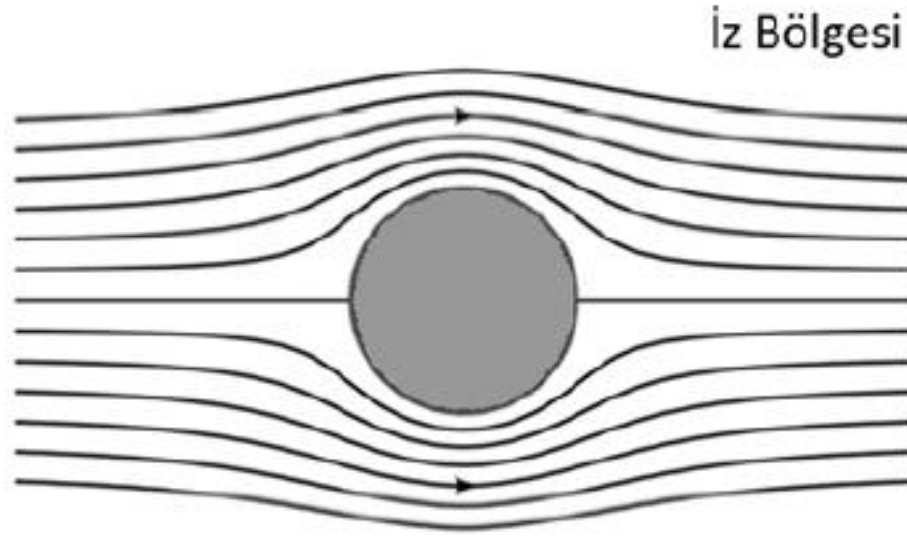
Şekil 2.13. Coanda Etkisi ve bu etkinin kanat profilinde gösterimi

2.12. Magnus Etkisi

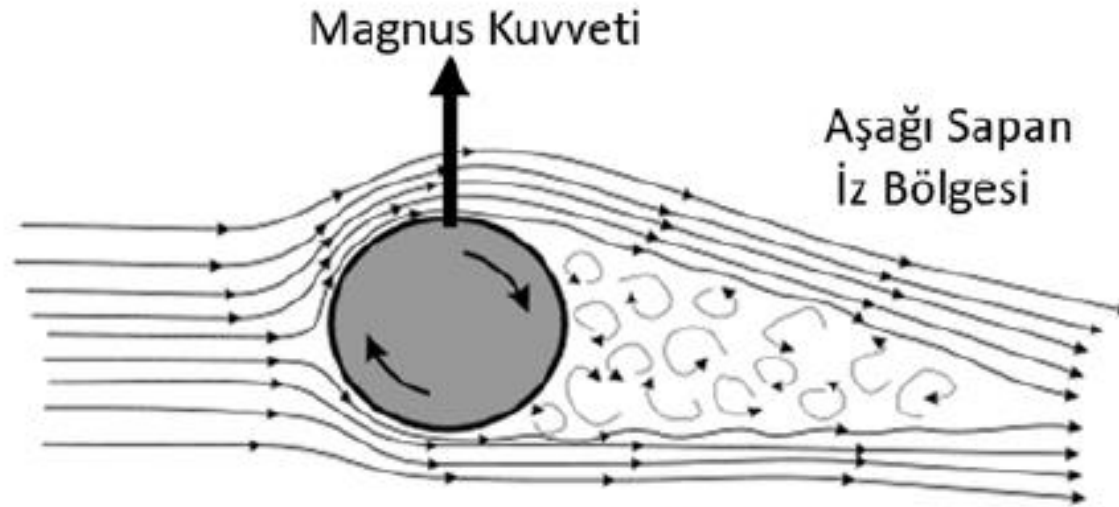
Magnus Etkisi; bir akışkanın içinde dönerek hareket eden, yuvarlı bir cisimle ilişkilidir.

Şekil 2.14'te Magnus Etkisi'nin fiziksel açıklaması görülmektedir.

Dönen ve dönmeyen bir cismin etrafındaki hava akışları aynı formda değildir.



**Dönmeyen Topun
Etrafındaki Hava Akışı**



**Dönen Topun
Etrafındaki Hava Akışı**

Şekil 2.14. Magnus Etkisi

3.Bölüm

ATMOSFER FİZİĞİ

- 3.1. Uluslararası Standart Atmosfer (ISA)
- 3.2. Havanın Fiziksel Özellikleri
- 3.3. Ses Hızı
- 3.4. Atmosfer Katmanları
- 3.5. Hava Hızları
- 3.6. İrtifa, Yükseklik ve Uçuş Seviyesi

3.1. Uluslararası Standart Atmosfer (ISA)

Antik Yunan Filozofu Herakleitos; "Her şey akar hiçbir şey kalıcı değildir o yüzden aynı dereye iki kez girmek mümkün değildir; çünkü dereye bir kez daha girdiğimde hem ben hem de dere değişmiştir." der.

- 3.1.1. Hava Basıncı
- 3.1.2. Hava Sıcaklığı
- 3.1.3. Hava Yoğunluğu
- 3.1.4. Viskozite
- 3.1.5. Nem

Tablo 3.1. Troposferde sıcaklık-basınç-yoğunluk ve ses hızının irtifayla değişimi

İrtifa (feet)	İrtifa (metre)	Sıcaklık (°C)	Basınç (hPa)	Yoğunluk (kg/m ³)	Ses Hızı (m/s)
Yer Seviyesi 0	0	15.0	1013.25	1.225	340.29
5000	1524	5.1	843.01	1.055	334.39
10000	3048	-4.8	696.72	0.905	328.38
15000	4572	-14.7	571.69	0.771	322.26
20000	6096	-24.6	465.49	0.653	316.02
25000	7620	-34.5	375.86	0.549	309.66
30000	9144	-44.4	300.75	0.458	303.17
35000	10668	-54.3	238.29	0.379	296.53
Tropopoz 36089	11000	-56.5	226.32	0.364	295.07
40000	12192	-56.5	187.42	0.301	295.07

3.2. Havanın Fiziksel Özellikleri

Uçağa etkiyen aerodinamik kuvvetler ve momentler, esasen uçağın bulunduğu ortamdaki havanın fiziksel özellikleri ile ilgilidir.

Bu özellikler basınç, sıcaklık, yoğunluk, viskozite ve nemdir.

Hava, ağırlığı olan bir maddedir ve bu ağırlık birim yüzeylere hava basıncı olarak etkir.



Cıvalı
Barometre



Kadranlı (Aneroid)
Barometre



Barograf
Yazıcı Barometre

Şekil 3.1. Barometre çeşitleri

3.3. Ses Hızı

Ses hızı; birim zamanda, elastik bir ortamda ilerleyen bir ses dalgası tarafından kat edilen mesafedir.

20 °C sıcaklığa sahip havada, ses hızı saniyede 343 metre ya da 1235 km/sa'dır.

Ses hızı, güçlü bir şekilde sıcaklığa bağlıdır ancak aynı zamanda bir ses dalgasının yayıldığı ortamda hangi gazların bulunduğuna bağlı olarak saniyede birkaç metre değişir. Ses hızı irtifayla değiştiğinden Mach sayıları da değişir.

3.4. Atmosfer Katmanları

Atmosfer, yerçekimi sayesinde dünyanın çevresini saran gaz katmanlarıdır.

Bu gazlar dünya ile birlikte dönerler.

Dünyayı saran gazların yer yüzeyine göre hareketine sirkülasyon (deveran) adı verilir.

Ekzosfer

Termosfer

Mezosfer

Stratosfer

Troposfer

- Uydular

- Kutup ışıkları (Aurora)
- İyonosfer (Radyo Dalgaları)

- Meteor Yağmurları

- Meteorolojik Balonlar
- Ozon Tabakası

- Su Buharı ve Yağışlar

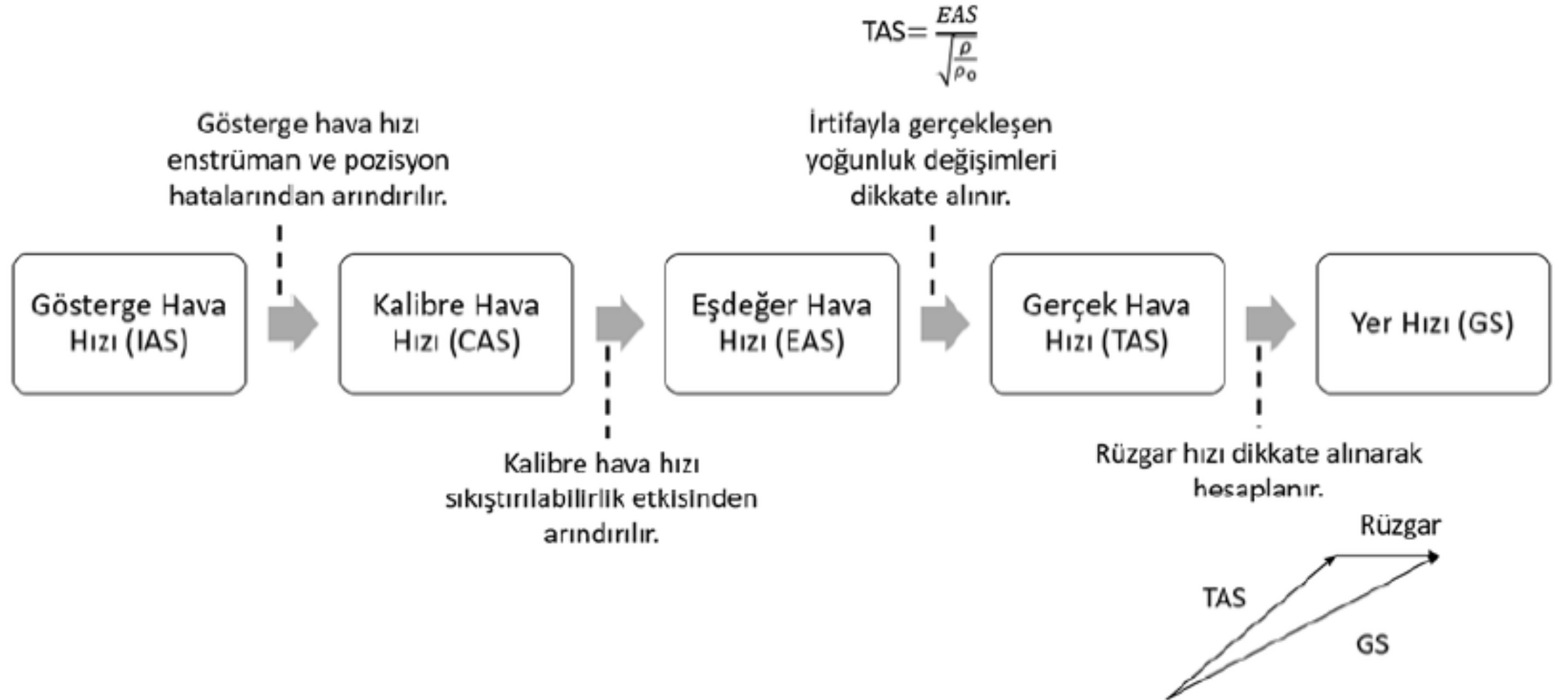
Şekil 3.3. Atmosferin tabakaları ve bu tabakalarda gerçekleşen hadiseler

3.5. Hava Hızları

ISA, havanın fiziksel özellikleri ve atmosferin içeriğine ek olarak; hava hız çeşitleri, rakım, irtifa ve uçuş düzeyleri de bu bölümde ele alınacaktır.

Uçaklarda bulunan hız göstergesi, pitot tüpü tabanlı çalışırlar.

- 3.5.1. Gösterge Hava Hızı (IAS)
- 3.5.2. Kalibre Hava Hızı (CAS)
- 3.5.3. Eşdeğer Hava Hızı (EAS)
- 3.5.4. Gerçek Hava Hızı (TAS)
- 3.5.5. Yer Hızı (GS)
- 3.5.6. Hava Hız Göstergesinde Diğer Hızlar



Şekil 3.5. Hava hız çeşitleri arasındaki ilişki

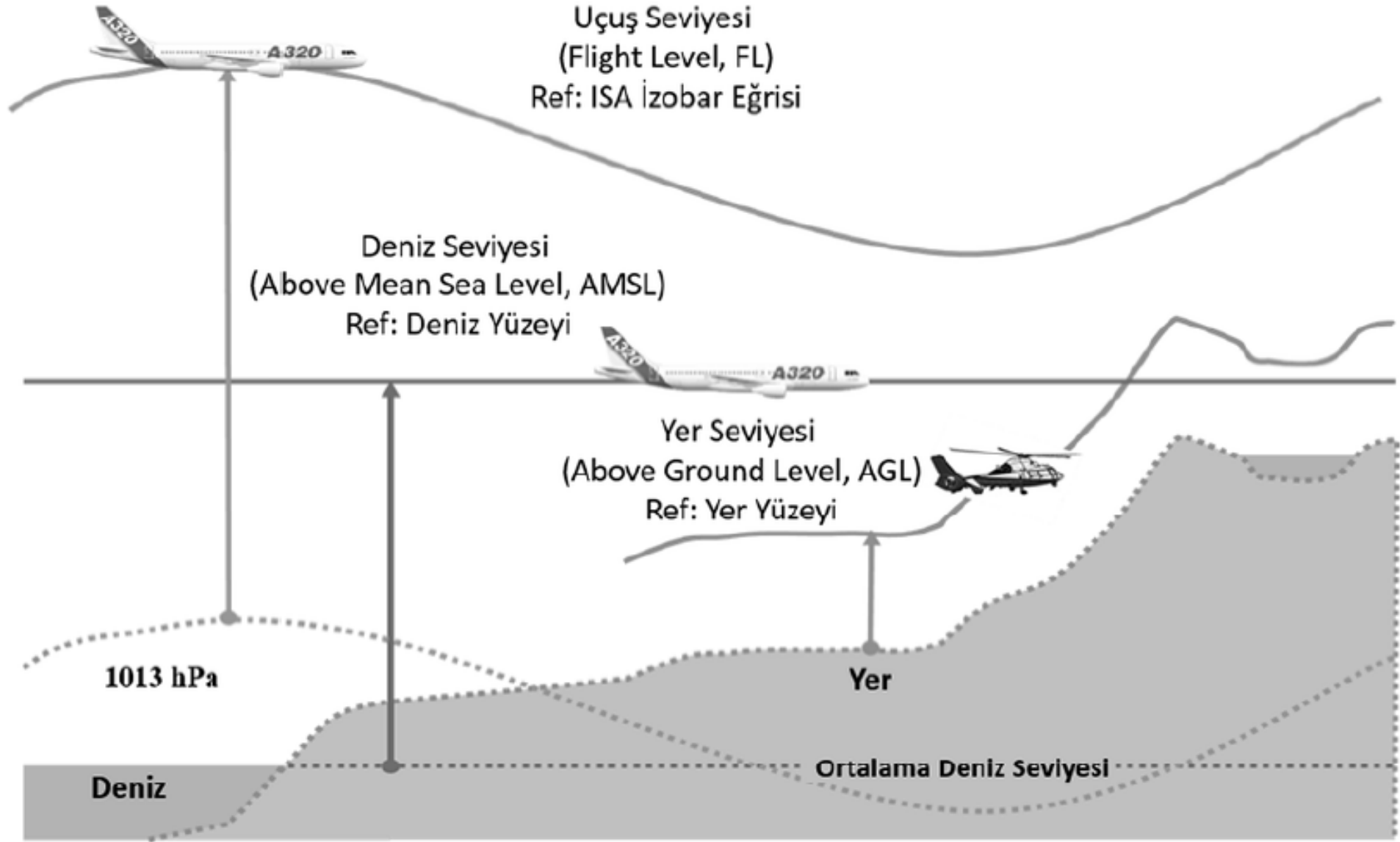
3.6. İrtifa, Yükseklik ve Uçuş Seviyesi

Uçak irtifası, altimetre (irtifaölçer) denilen gösterge cihazı ile ölçülür.

İki tür altimetre mevcuttur.

Bunlar barometrik ve radar altimetreleridir.

Altimetrik değerler tanımlanırken, 3 türlü referans noktası kullanır.



Şekil 3.8. İrtifa, yükseklik ve uçuş seviyesi



Barometrik Altimetre



Radar Altimetre

Şekil 3.9. Altimetre çeşitleri

4.Bölüm

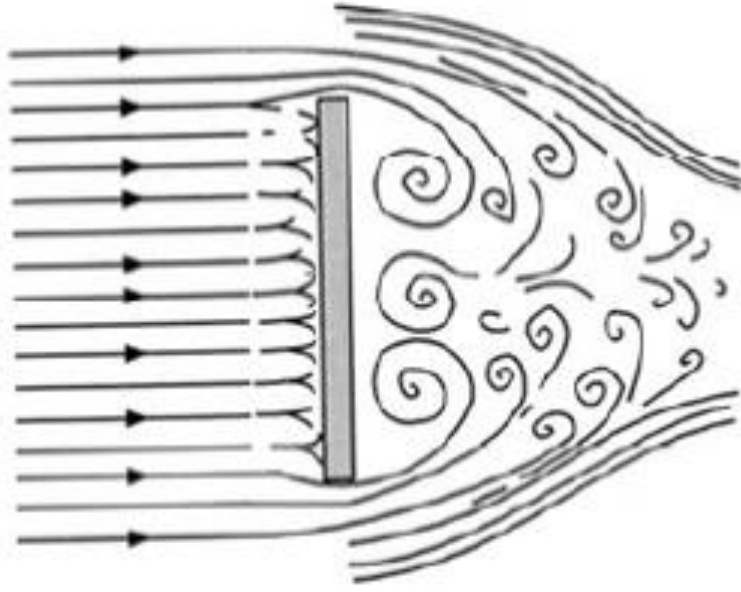
KANAT PROFİLLERİ

- 4.1. Uçaklar Neden Aerodinamik Şekle Uygun Tasarlanır?
- 4.2. Kanat Profil Terminolojisi
- 4.3. Kanat Profillerinin Evrimi ve Airfoil Aileleri
- 4.4. Nispi Rüzgar
- 4.5. Hücum Açısı
- 4.6. Kanat Profiline Basınç Dağılımı

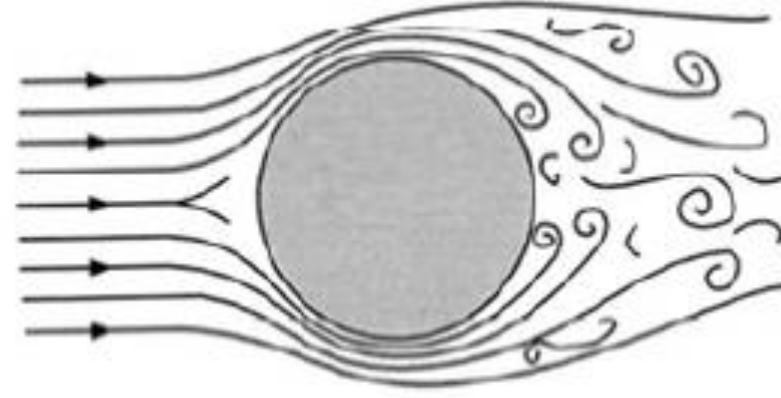
- 4.7. Taşıma Katsayısı-Hücum Açısı Grafiği ve Stol Kavramı
- 4.8. Kanat Eklentilerinin 2 Boyutlu İncelenmesi
- 4.9. Uçakta Önemli 3 Merkez
- 4.10. Taşımanın Newtonyen Açıklaması ve Sirkülasyon Teorisi

4.1. Uçaklar Neden Aerodinamik Şekle Uygun Tasarlanır?

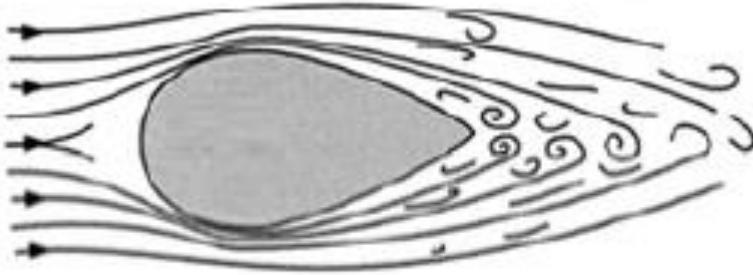
Uçak kanat kesitlerinde “airfoil” denen kanat profil yapısının kullanılmasının iki gerekçesi vardır. İlk gerekçe, kanatlar taşıma oluşturan uçak aksanı olduklarından kanatlardan yüksek taşıma oluşturmaları isteridir.



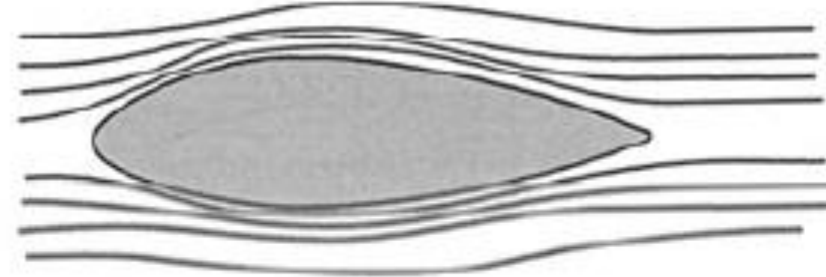
Düz Plaka-Hava Direnci % 100



Küre-Hava Direnci % 50



Damla Şekli-Hava Direnci %15



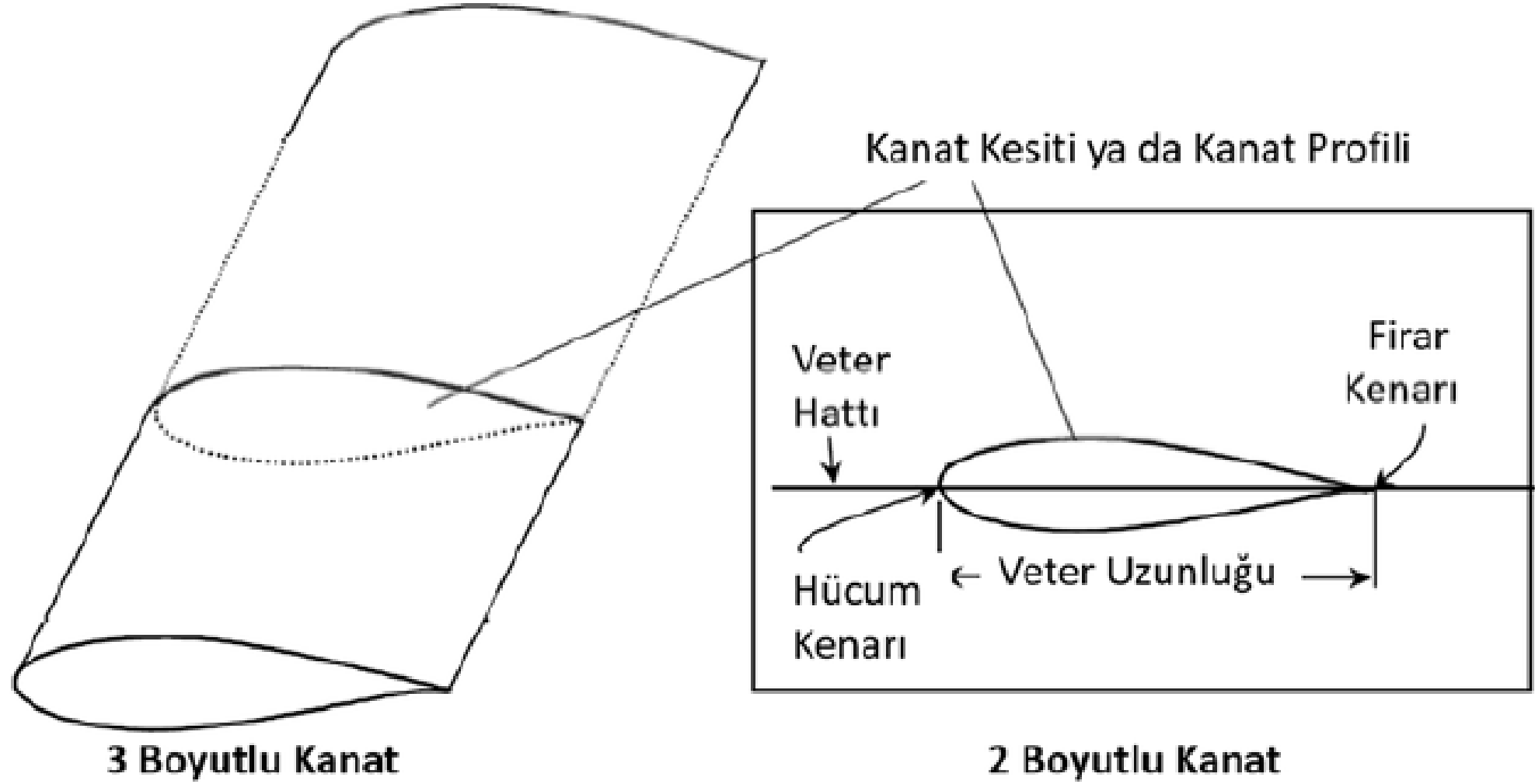
Kanat Profili-Hava Direnci %5

Şekil 4.1. Farklı aerodinamik şekillerin hava direncinin karşılaştırılması

4.2. Kanat Profil Terminolojisi

Uçaklarda kanat profil şeklini yani kanat kesitini görmek için kanata yandan bakılmalıdır.

Uçak kanat profillerinde uzunluk, kalınlık ve kavislik açısından tanımlama yapılırken belirli bir terminoloji kullanılır.



Şekil 4.3. Kanat kesiti

4.3. Kanat Profillerinin Evrimi ve Airfoil Aileleri

Wright Kardeşlerin Flyer adını verdikleri uçak dâhil olmak üzere, ilk kanat profilleri genelde ince profil ve yüksek kavisliğe sahipti.

Sonradan, ince kanatlara göre avantajlı oldukları anlaşılan şişman profiller kullanılagelmiştir.

Kanat profillerine airfoil ya da aerofoil denir.



İlk Kanat Profilleri



Laminer Akış Kanat Profili
(Sesaltı Uçuşlar İçin)



Sonraki Kanat Profilleri



Dairesel Yay Kanat Profili
(Sesüstü Uçuşlar İçin)



Clark Y Kanat Profili
(Sesaltı Uçuşlar İçin)



Çift Kama Kanat Profili
(Sesüstü Uçuşlar İçin)

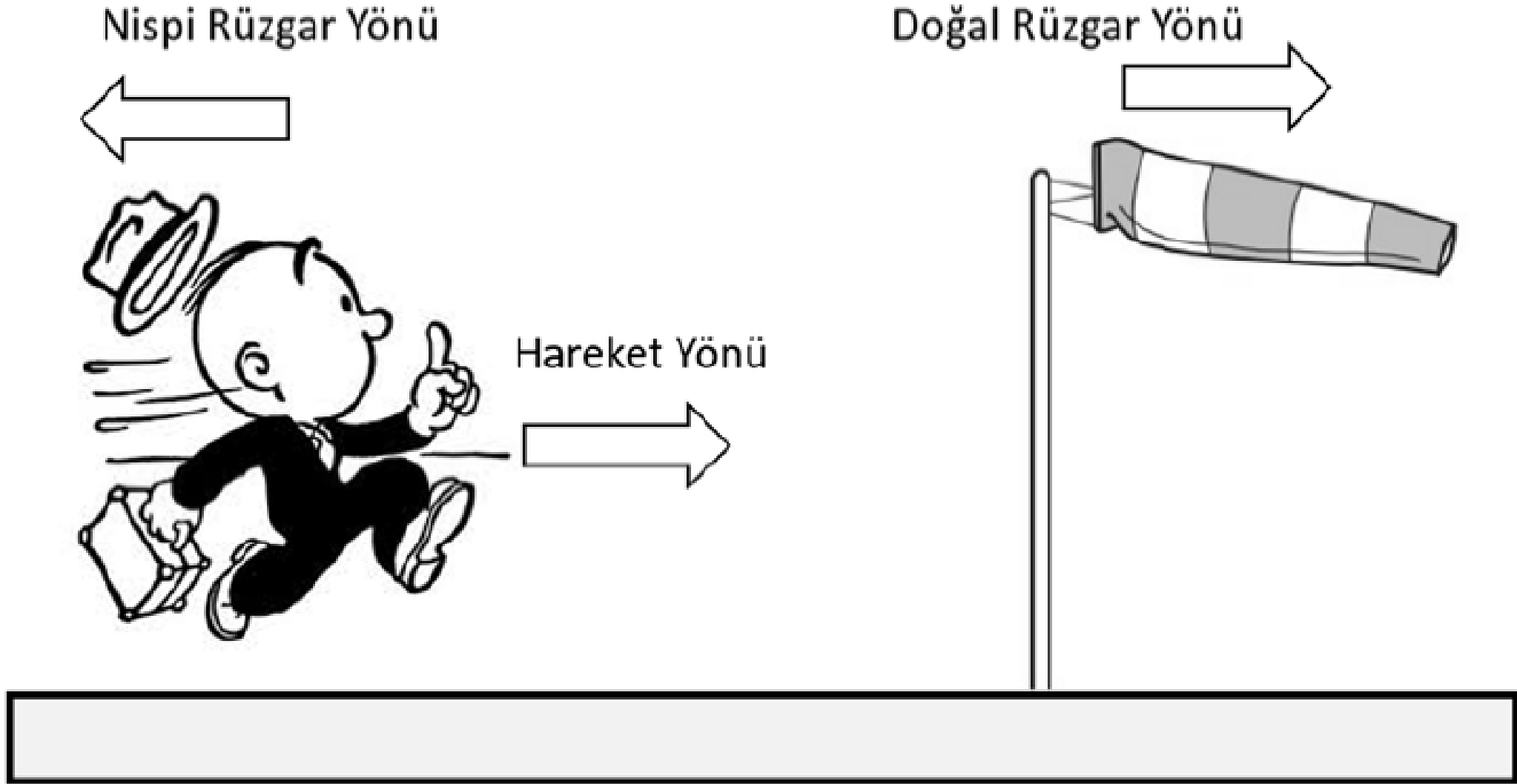
Şekil 4.6. Kanat profil çeşitleri

4.4. Nispi Rüzgâr

Uçak uçarken referans alınan rüzgâra nispi rüzgâr denir.

Nispi rüzgâr, havada hareket eden nesnenin neden olduğu hava akışının nesne tarafından hissedilen yönüdür.

Bu akış, uçuş yönü doğrultusunda ve harekete ters yöndedir.



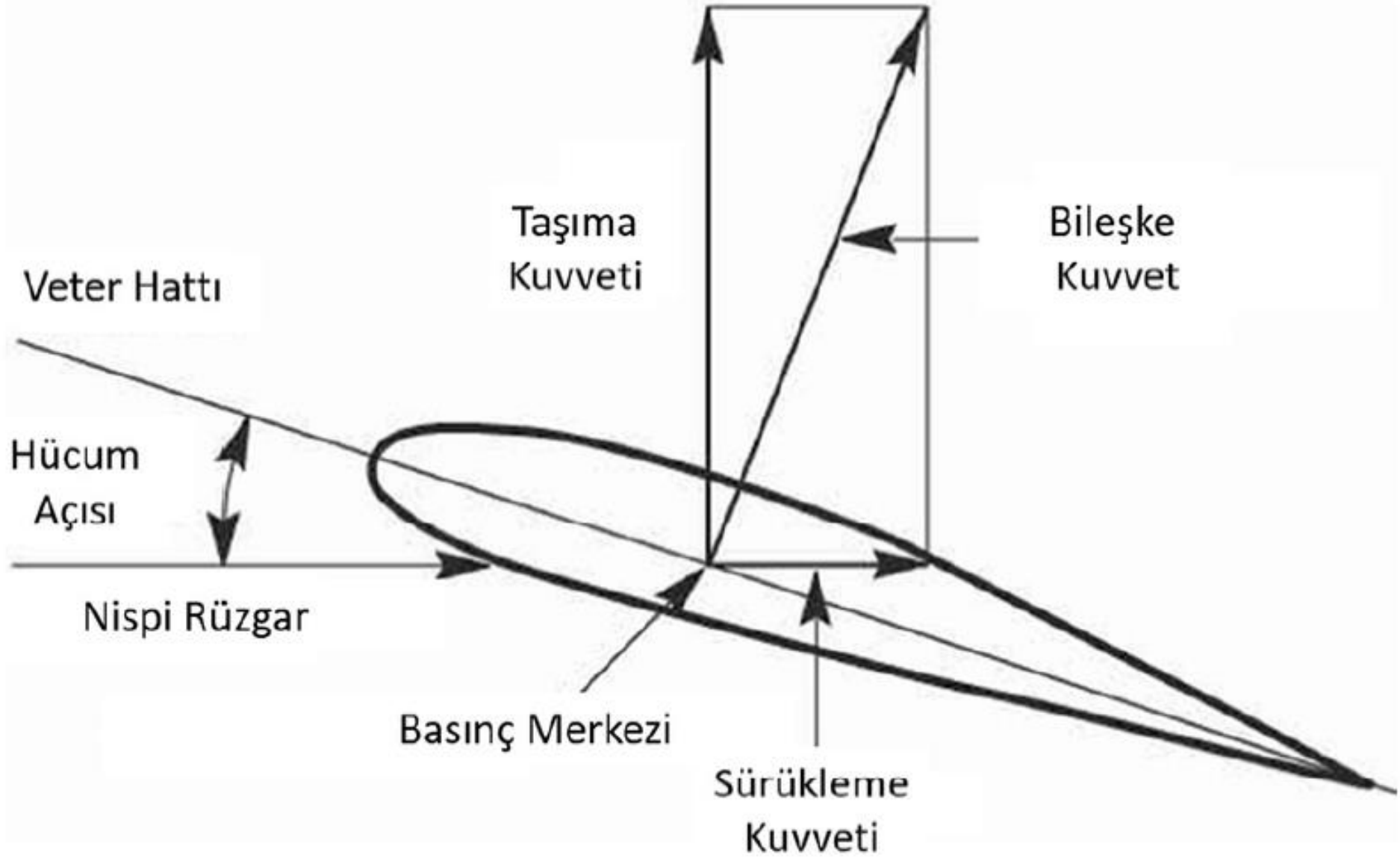
Şekil 4.7. Nispi rüzgâr kavramı

4.5. Hücüm Açısı

Hücüm açısı, hareket doğrultusu yani göreceli hava akımı doğrultusu ile veter çizgisi arasında kalan açıdır.

Şekil 4.8’de hücüm açısı şematize edilmiştir.

Hücüm açısı arttırıldığında, kanat üstünde havanın kat edeceği yol artar.

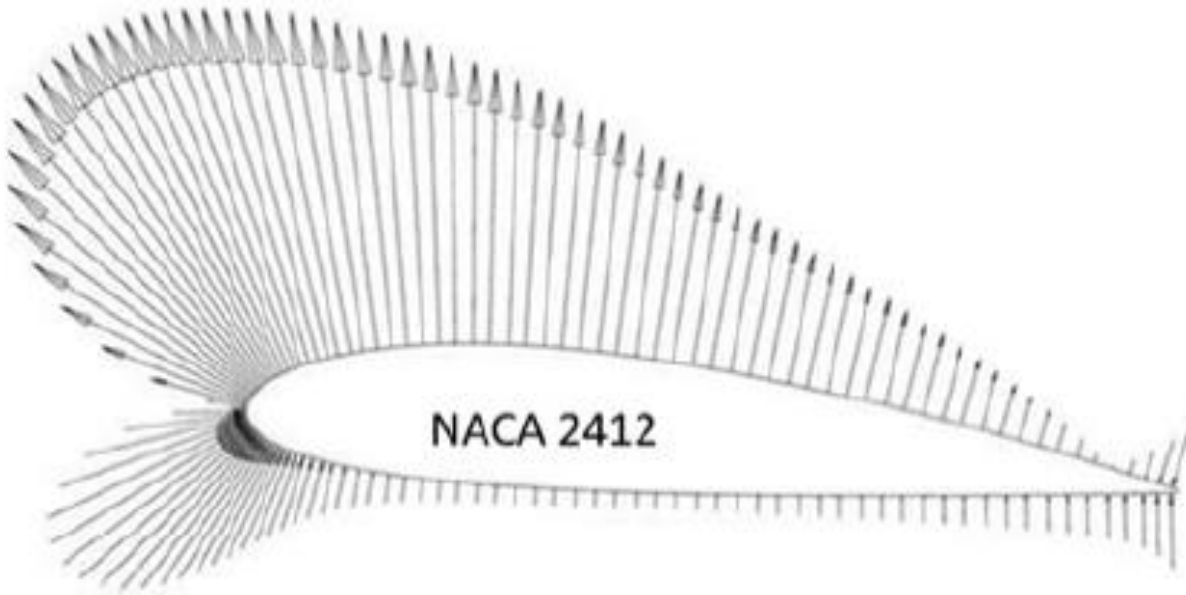


Şekil 4.8. Hücum açısı ve aerodinamik kuvvetlerin doğrultularının gösterimi

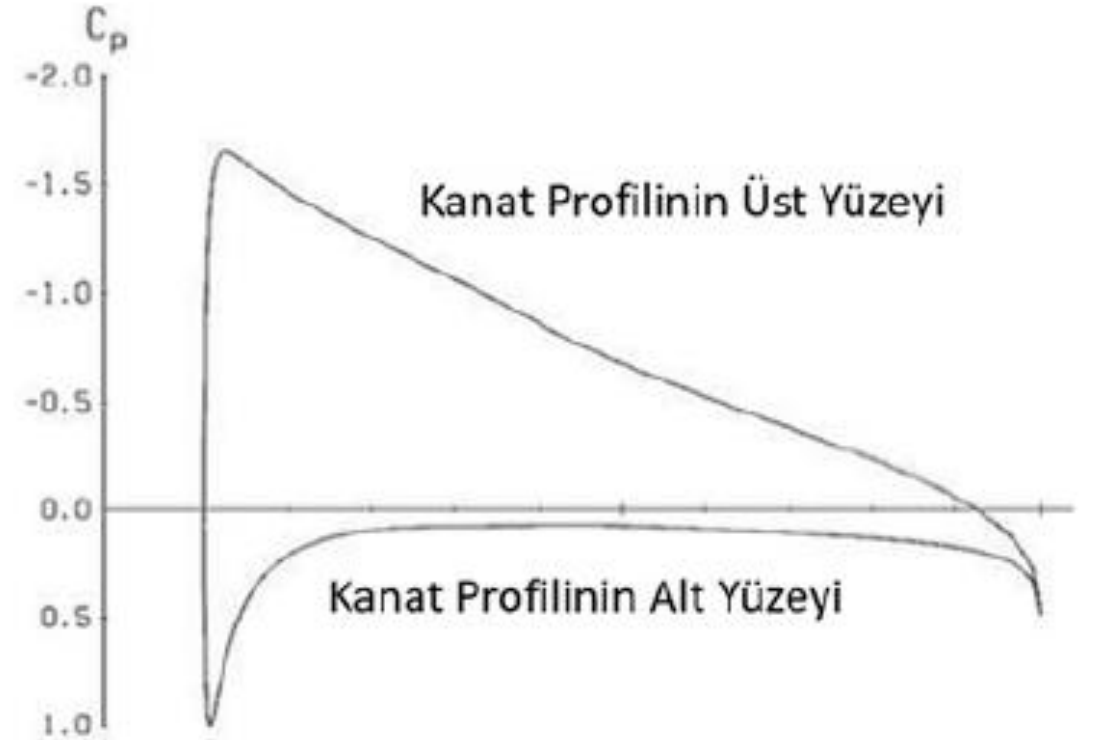
4.6. Kanat Profiline Basınç Dağılımı

Kanat profilinin üst tarafında hava hızlı aktığından havanın dinamik basıncı daha yüksektir.

Şekil 4.9'da oklarla gösterilen hız vektörlerinden görüleceği üzere hava; kanat üstünde hızlı, kanat altında yavaş akar.



Basınç Dağılımının Vektörel Gösterimi



Basınç Katsayısının Grafiksel Gösterimi

Şekil 4.9. Kanat profilinde hız ve basınç dağılımının gösterimi

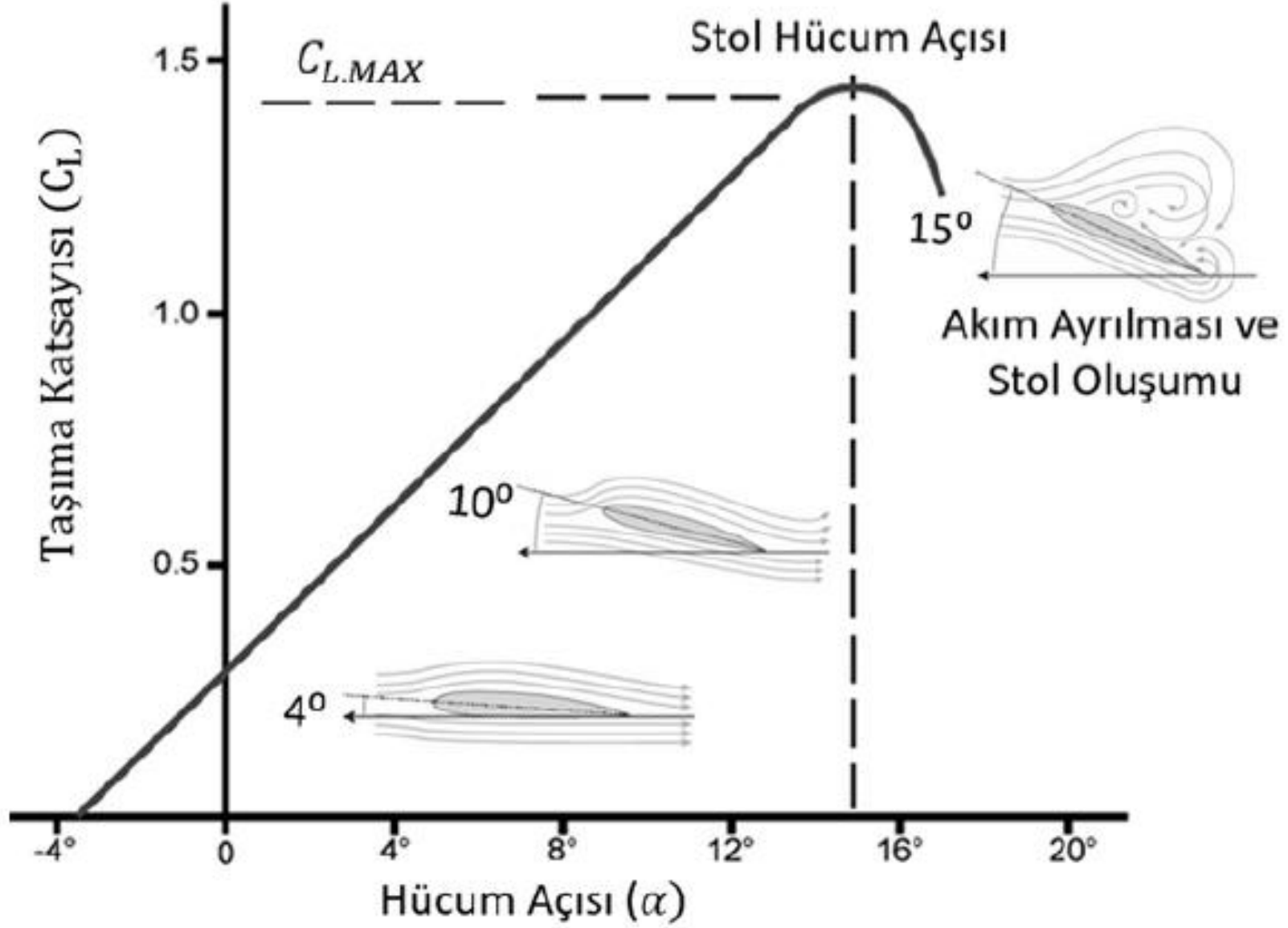
4.7. Taşıma Katsayısı-Hücum Açısı Grafiği ve Stol Kavramı

4.7.1. Taşıma-Hücum Açısı Eğrisi

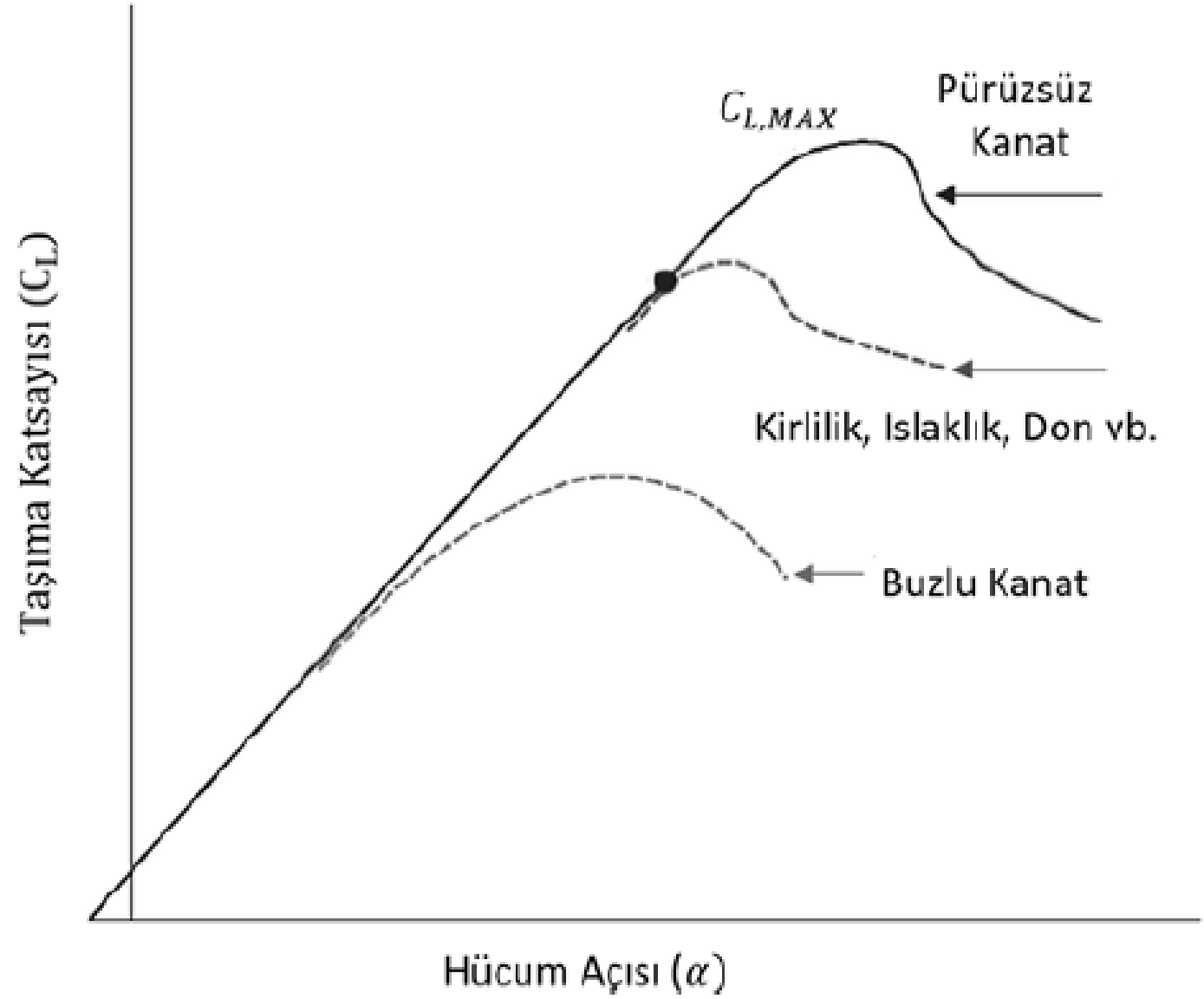
Taşıma katsayısının hücum açısıyla değişim eğrilerini bilmek, kanat profili üzerindeki akışın fiziğinin anlaşılması için faydalıdır.

Şekil 4.10'da taşıma katsayısının hücum açısıyla değişim eğrisi gösterilmektedir.

- 4.7.1. Taşıma-Hücum Açısı Eğrisi
- 4.7.2. Akım Ayrılması ve Stol (Perdövites)
- 4.7.3. Kavislik (Camber) Etkisi
- 4.7.4. Kalınlık Etkisi
- 4.7.5. Buzlanma ve Kirlilik Etkisi



Şekil 4.10. Taşıma katsayısının hücum açısıyla değişim eğrisi



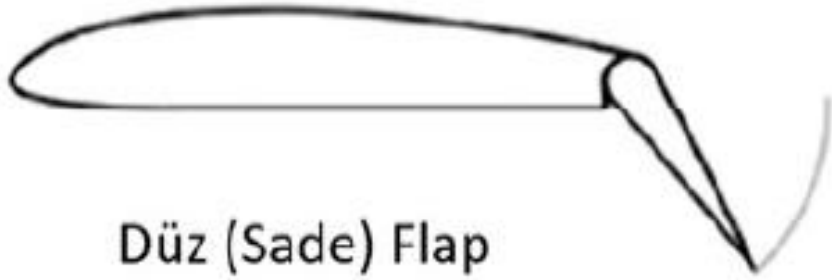
Şekil 4.13. Kanatlarda kirlilik ve buzlanma etkisinin gösterimi

4.8. Kanat Eklentilerinin 2 Boyutlu İncelenmesi

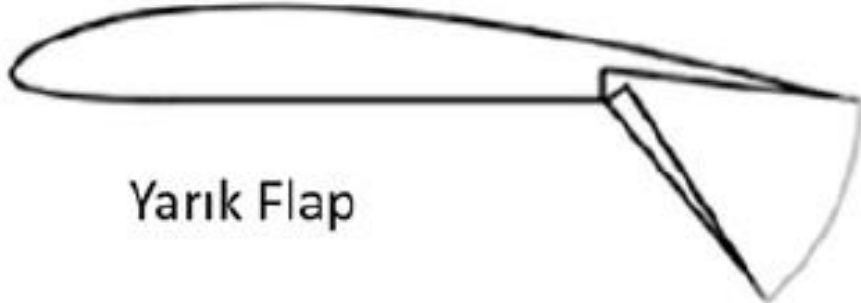
Uçakların düşük hızlarla yerden kalkış yapması için, yüksek taşımaya yani daha fazla kanat alanı ve daha yüksek taşıma katsayısına sahip olmaları gerekmektedir.

Bu etki uçağın minimum emniyetli uçuş hızı olan stol hızıyla ilgilidir.

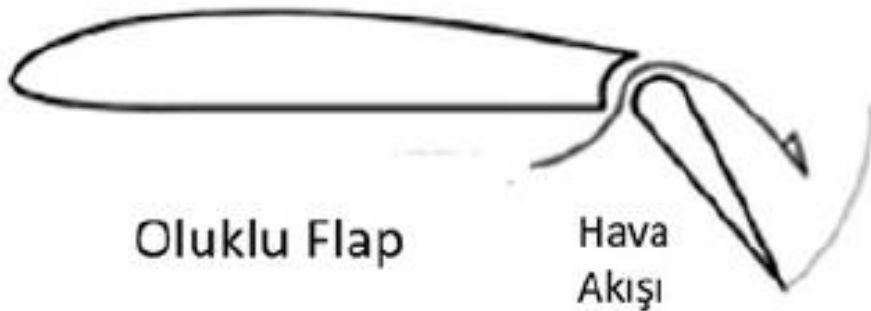
- 4.8.1. Flaplar
- 4.8.2. Slatlar
- 4.8.3. Hız Frenleri



Düz (Sade) Flap



Yarık Flap

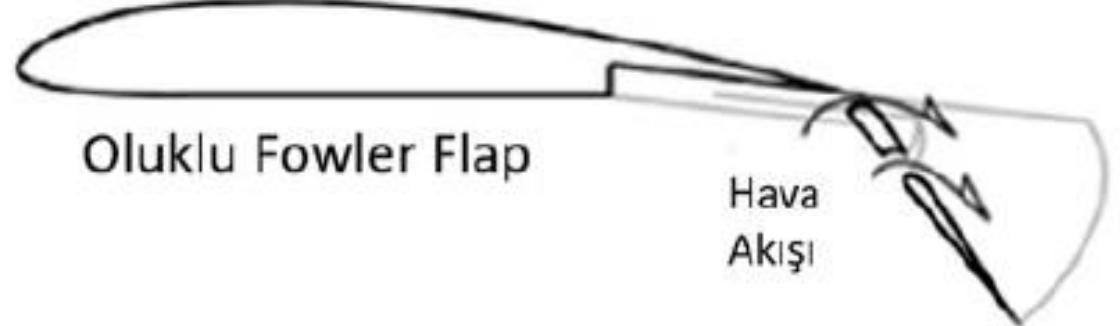


Oluklu Flap

Hava
Akışı



Fowler Flap



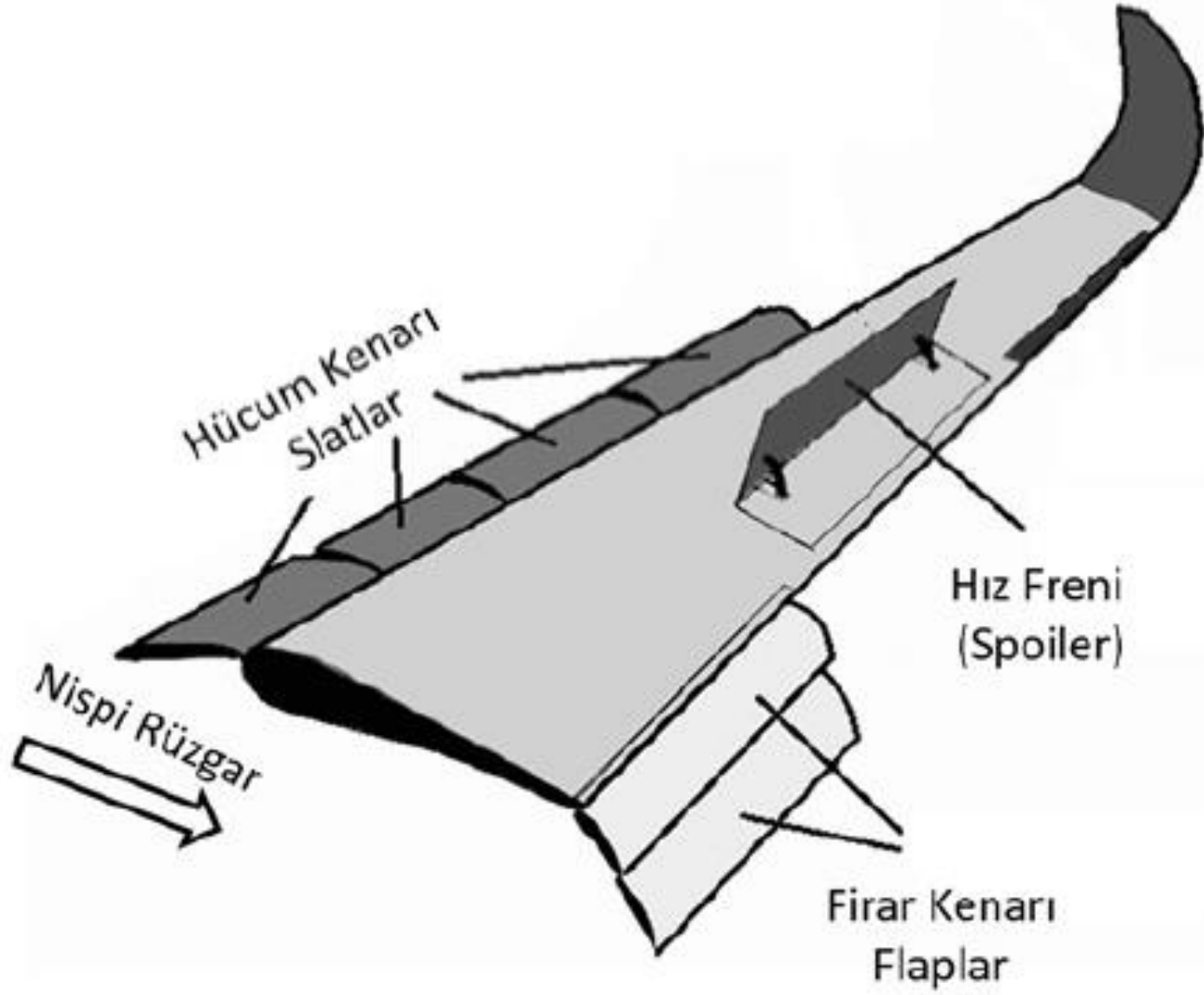
Oluklu Fowler Flap

Hava
Akışı



Krueger Flap

Şekil 4.14. Yaygın kullanılan flap çeşitleri



Şekil 4.16. Slat, flap ve hız frenlerinin gösterimi

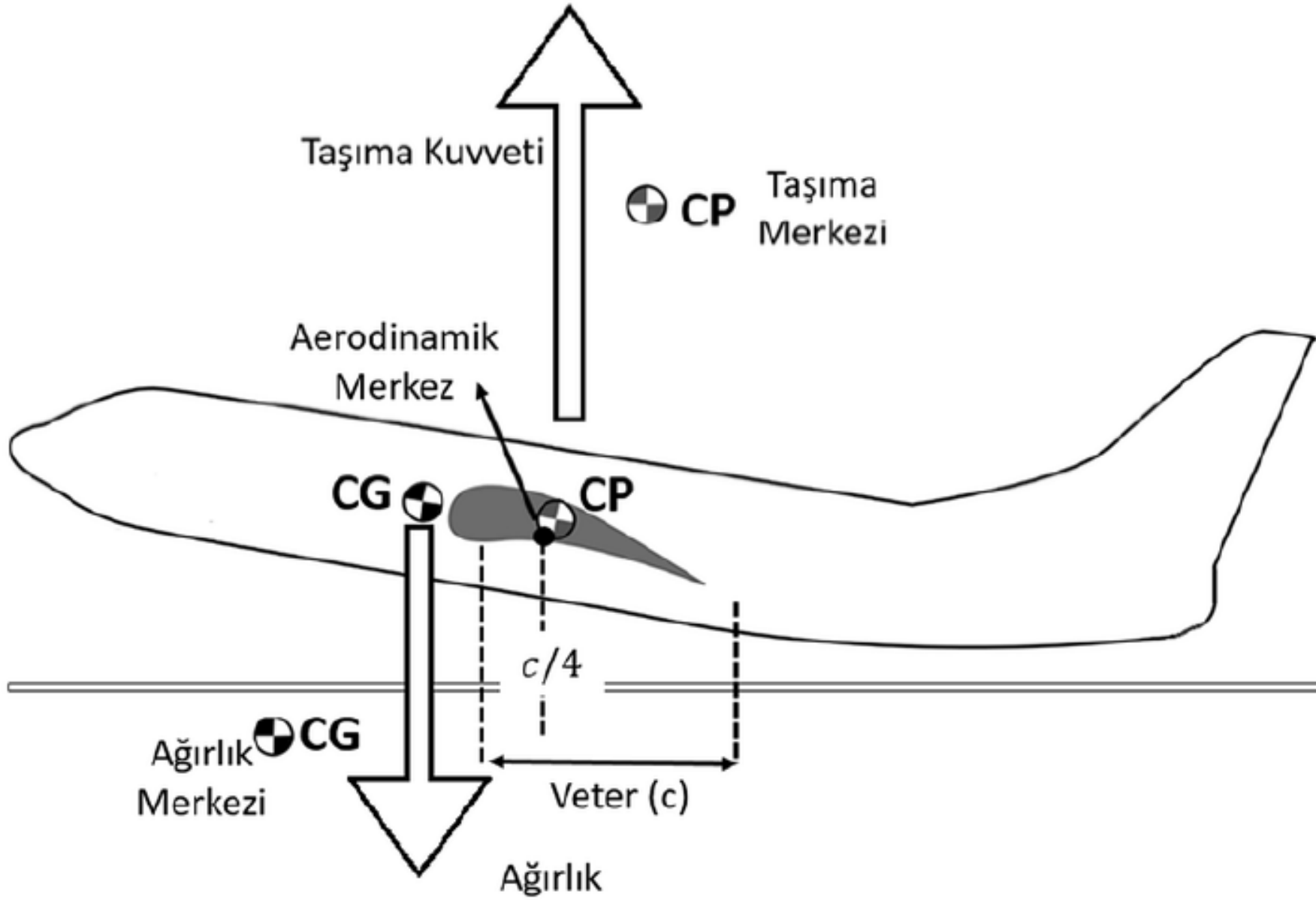
4.9. Uçakta Önemli 3 Merkez

Uçakta uçuşu etkileyen önemli merkezler vardır.

Bu merkezlerin bilinmesi; kavramsal karmaşıklığı engellediği gibi, uçuşun fiziksel anlamda anlaşılabilirliğini arttıracaktır.

Uçuş, 4 ana kuvvet üzerine temellendirilir.

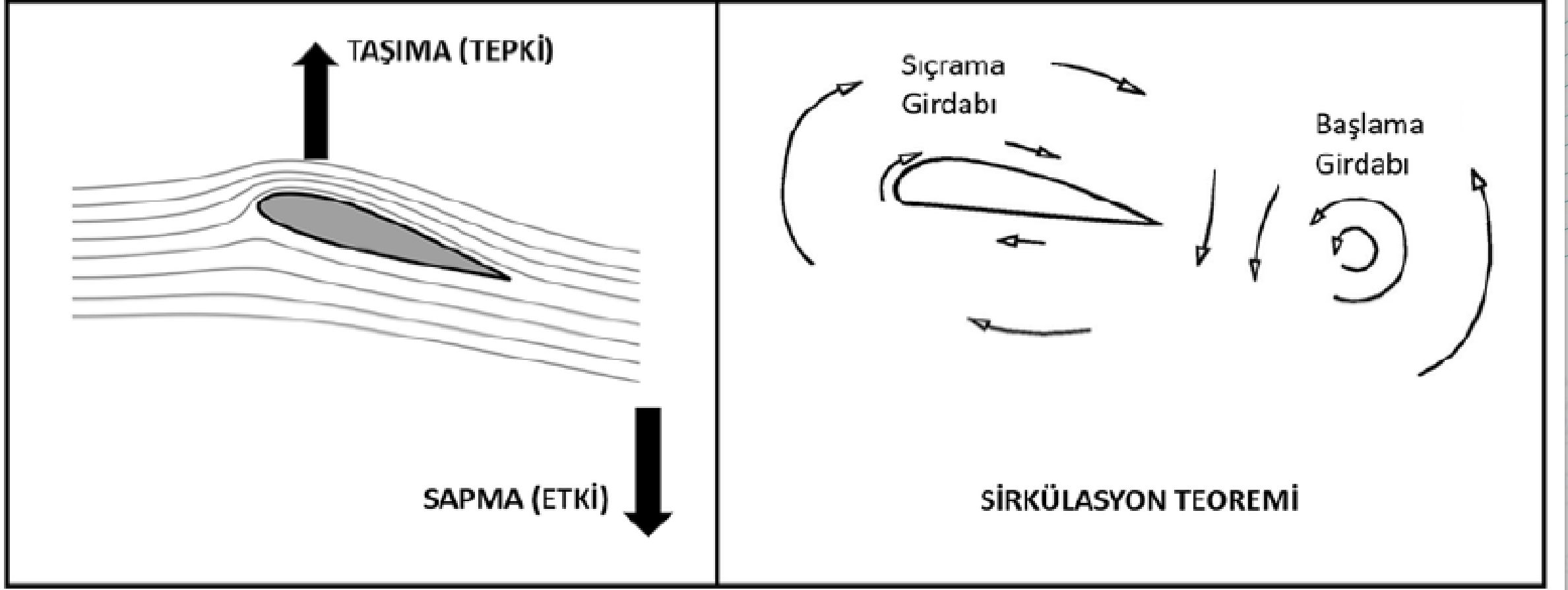
- 4.9.1. Ağırlık Merkezi
- 4.9.2. Basınç (Taşıma) Merkezi
- 4.9.3. Aerodinamik Merkez



Şekil 4.17. Ağırlık merkezi, basınç merkezi ve aerodinamik merkez

4.10. Taşımanın Newtonyen Açıklaması ve Sirkülasyon Teorisi

Uçakların nasıl taşıma oluşturduğunun fiziği, günümüzde hâlâ tartışmalıyken taşımanın oluşumu Newton'un 3. Yasası olan etki tepki yasasına göre de açıklanabilir.



Şekil 4.19. Newton'un 3. Yasası ve Sirkülasyon Teorisi'nin kanat profilinde gösterimi

5.Bölüm

ÜÇ BOYUTLU KANAT

- 5.1. Kanat Terminolojisi
- 5.2. Kanat Profili ile Sonlu Kanatın Karşılaştırılması
- 5.3. Taşıma ve Sürüklenme Kuvvetleri
- 5.4. Ok Açısı
- 5.5. Ortalama Aerodinamik Veter (MAC)
- 5.6. Kanat Şekilleri

- 5.7. Kanat Yerleşim Çeşitleri ve Dihedral Açısı
- 5.8. Oturma (Tespit) Açısı
- 5.9. Burulma Açısı, İçe-Akış ve Dışa-Akış
- 5.10. Kanat Etrafında Hava Akışı
- 5.11. Kanat İz Bölgesinde Akış ve Kanatlarda Taşıma Dağılımı
- 5.12. Kanatlarda Akış Kontrolü

➤ 5.13. Ön Kanat ve Bordalar

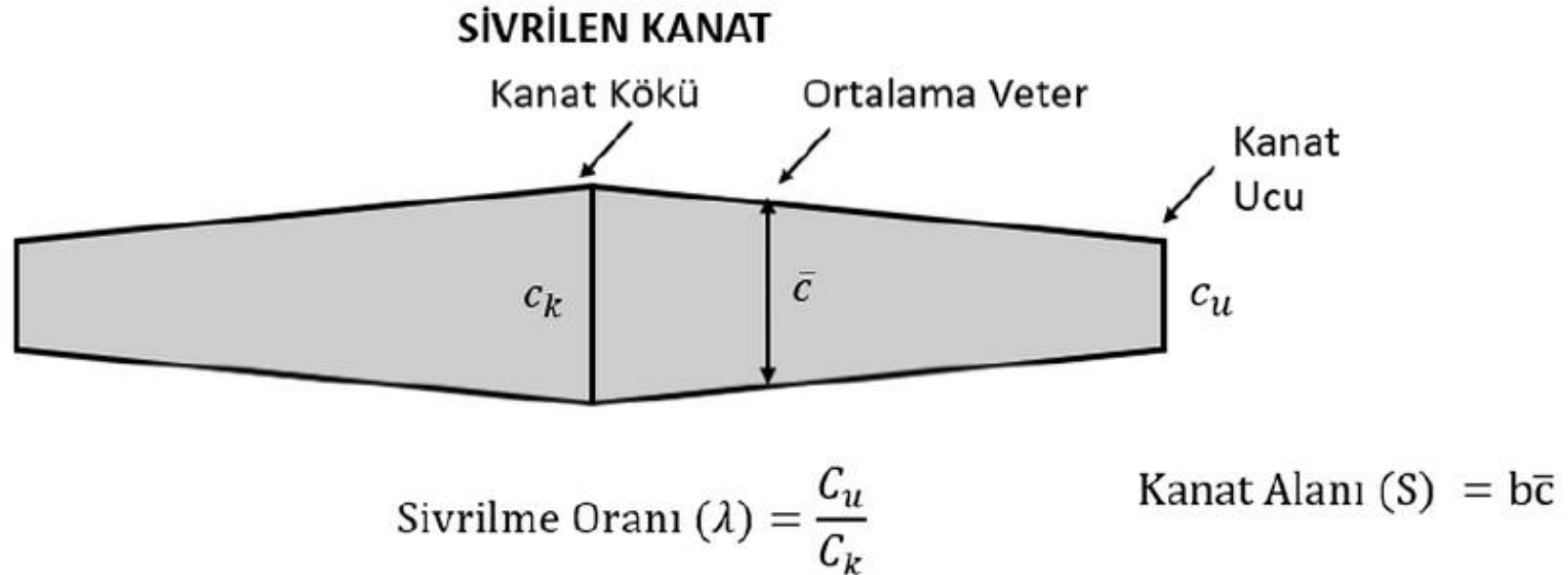
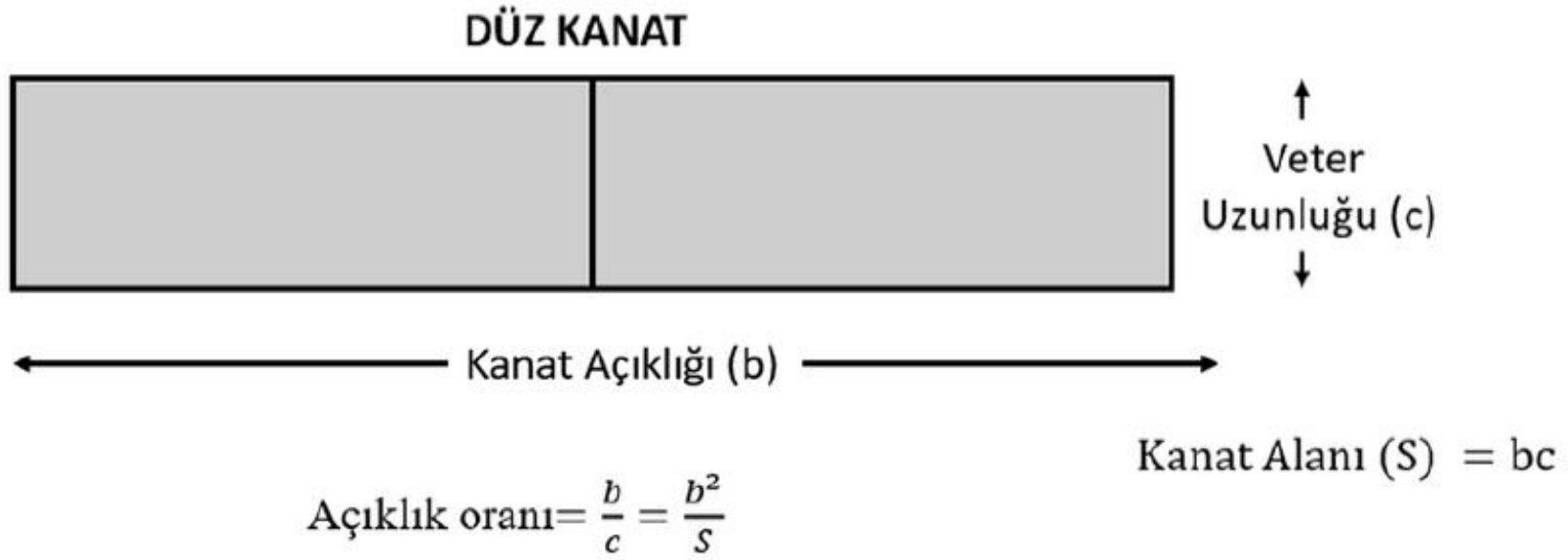
➤ 5.14. Yer Etkisi

5.1. Kanat Terminolojisi

İki boyutlu kanat, kanat kesitinden alınmış teorik ve sonsuz bir kanat olduğundan 3 boyutlu yani sonlu kanat için kuvvet hesaplamalarına geçildiğinde aerodinamik kuvvetler değişecektir.

Sonlu kanatta, kanat uçlarında oluşan kanat ucu girdapları (vorteksleri) taşımayı düşürür.

- 5.1.1. Kanat Açıklığı ve Açıklık Oranı
- 5.1.2. Sivrilme Oranı ve Ortalama Veter

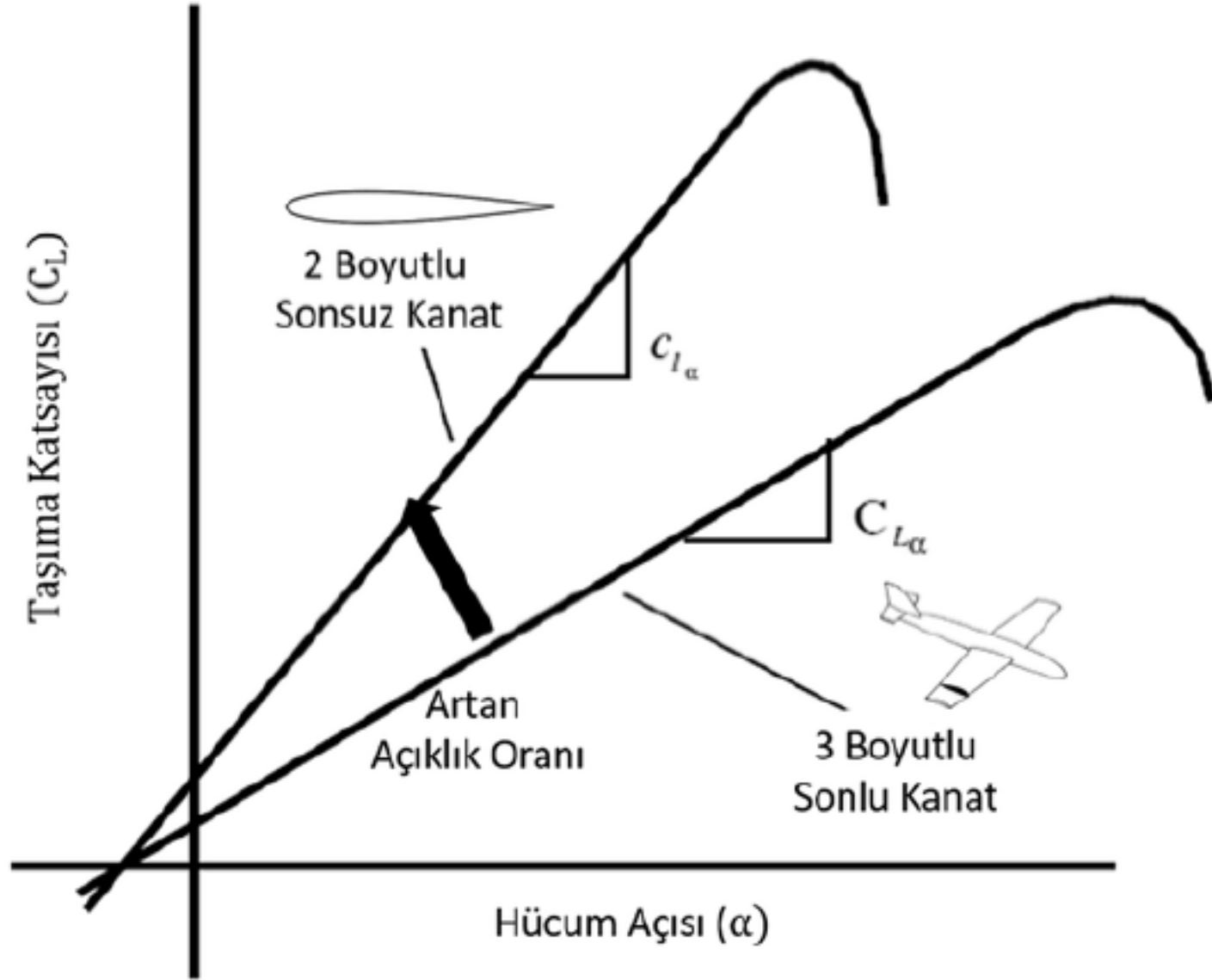


Şekil 5.1. Kanat alanı, açıklık oranı ve sivrilme oranının gösterimi

5.2. Kanat Profili ile Sonlu Kanatın Karşılaştırılması

Üç boyutlu kanatta; iki boyutlu teorik sonsuz kanata göre taşıma kuvveti düşerken, sürüklenme kuvveti artış gösterir.

Bunun nedenleri; kanat uç vorteksle rinin kanat uçlarında taşıma kaybına yol açması ve sonlu bir kanatta oluşan taşımanın indüklenmiş sürüklenme oluşmasına yol açmasıdır.



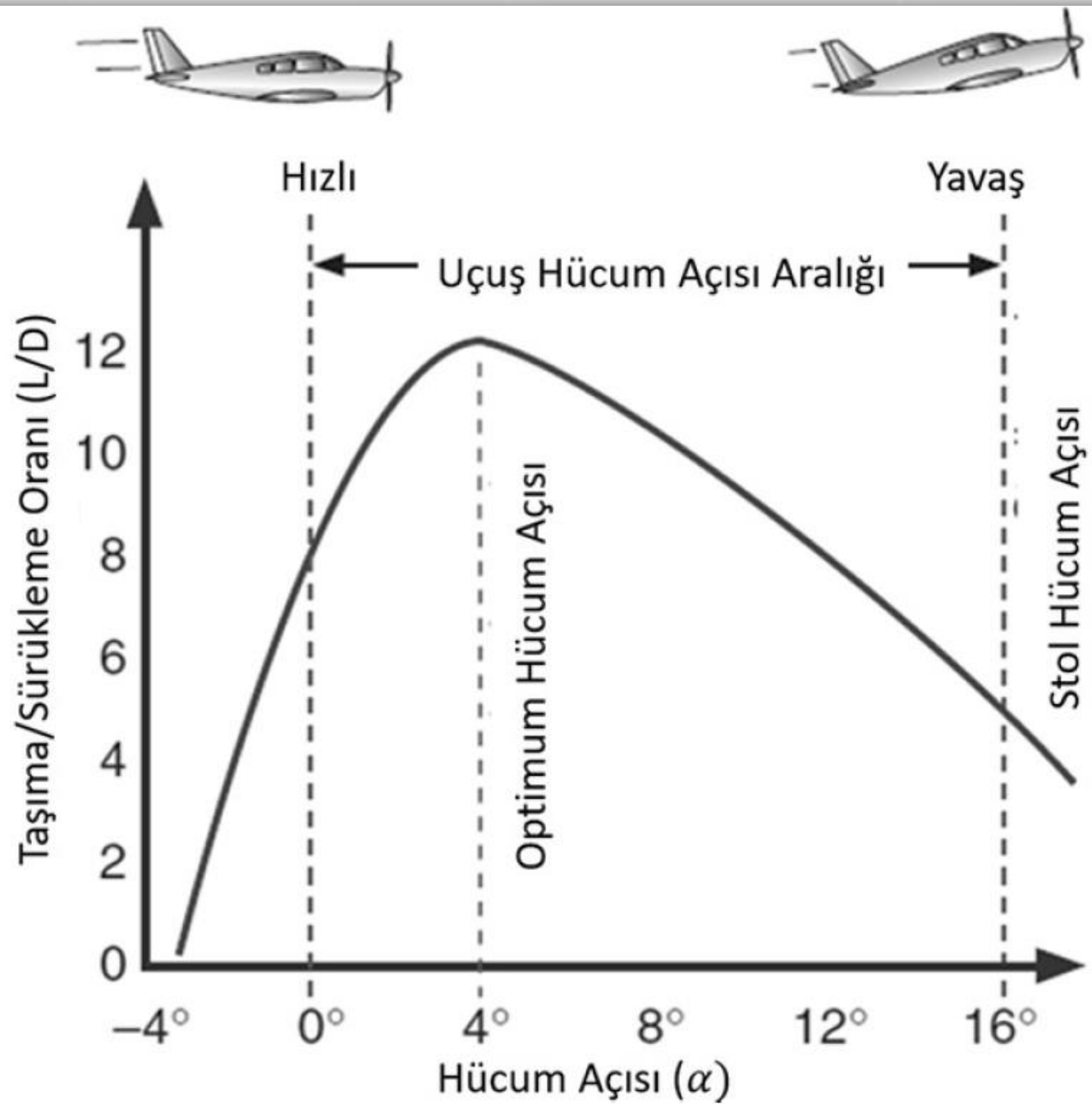
Şekil 5.2. İki boyutlu ve üç boyutlu kanatlarda taşıma

5.3. Taşıma ve Sürüklenme Kuvvetleri

Denklem 5.3 ve Denklem 5.4’te verilen taşıma ve sürüklenme kuvvetleri; dinamik basınç ($\frac{1}{2}\rho V^2$), kanat alanı (S) ile taşıma katsayısı (C_L) ya da sürüklenme katsayısına (C_d) yani kanat profili yapısı ve hücum açısına bağlıdır. Dinamik basınç ($\frac{1}{2}\rho V^2$) ile alanın (S) çarpımı kuvveti vereceğinden; taşıma katsayısı (C_L) ile sürüklenme katsayısı (C_d) birimi olmayan, numerik değerlerdir.

Tablo 5.2. Aerodinamik kuvvetlere etki eden parametreler

Ana Parametre	Alt Parametreler
Havanın Hızı	Stol Hızı, Maksimum Hız
Hava Yoğunluğu	Basınç, Sıcaklık, Nem vb.
Kanat Alanı	Flaplar, Slatlar vb.
Kanat Profil Şekli	Kalınlık, Kavislik vb.
Kanat Yüzey Yapısı	Yüzey Pürüzlülüğü, Kirlilik, Buzlanma vb.
Hücum Açısı	Kritik Hücum Açısı, Akım Ayrılması
Reynolds Sayısı	Viskozite, Hız, Kanat Veter Uzunluğu
Sıkıştırılabilirlik	Mach Sayısı, Şok Dalgaları

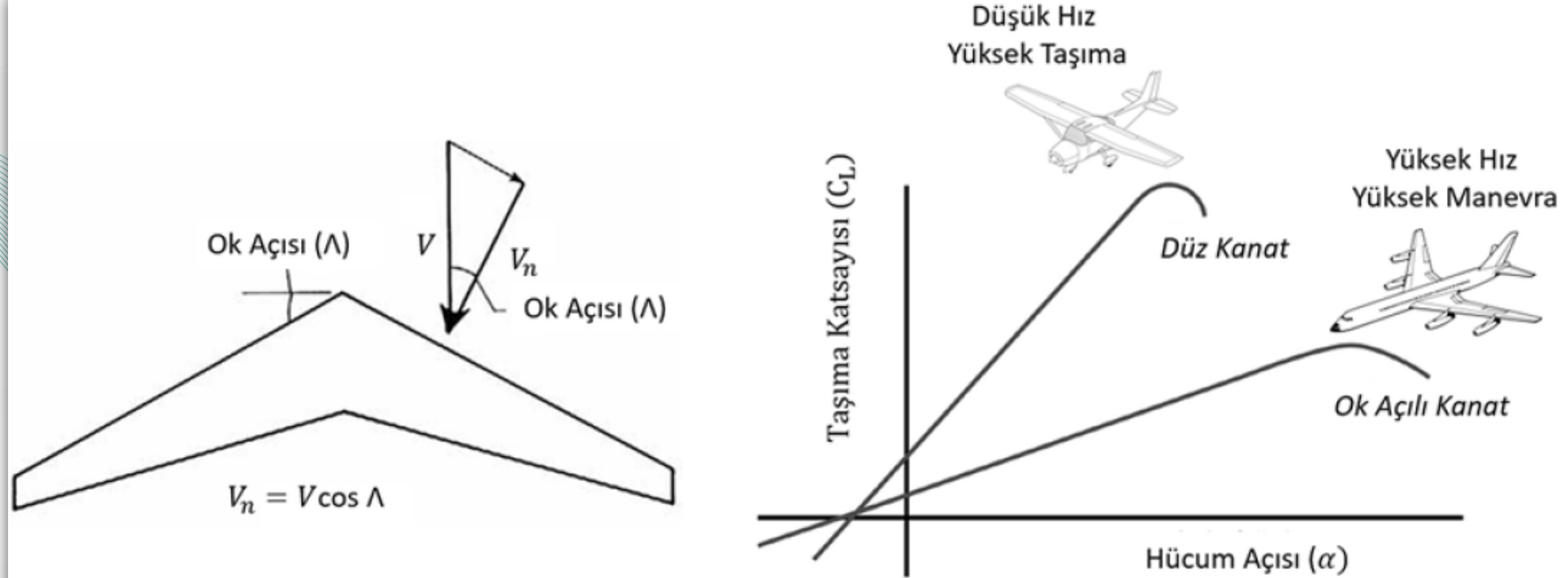


Şekil 5.3. Aerodinamik verimlilik ve optimum hücüm açısı

5.4. Ok Açısı

Ok açısı (süpürme açısı-sweep angle) kanat hücum kenarının kanat kökü düzleminden itibaren kanat ucuna doğru, öne ya da arkaya belirli bir açı yaparak tasarlanmasıdır.

Ok açısı, uçağa tepeden bakıldığında gözlemlenebilir.

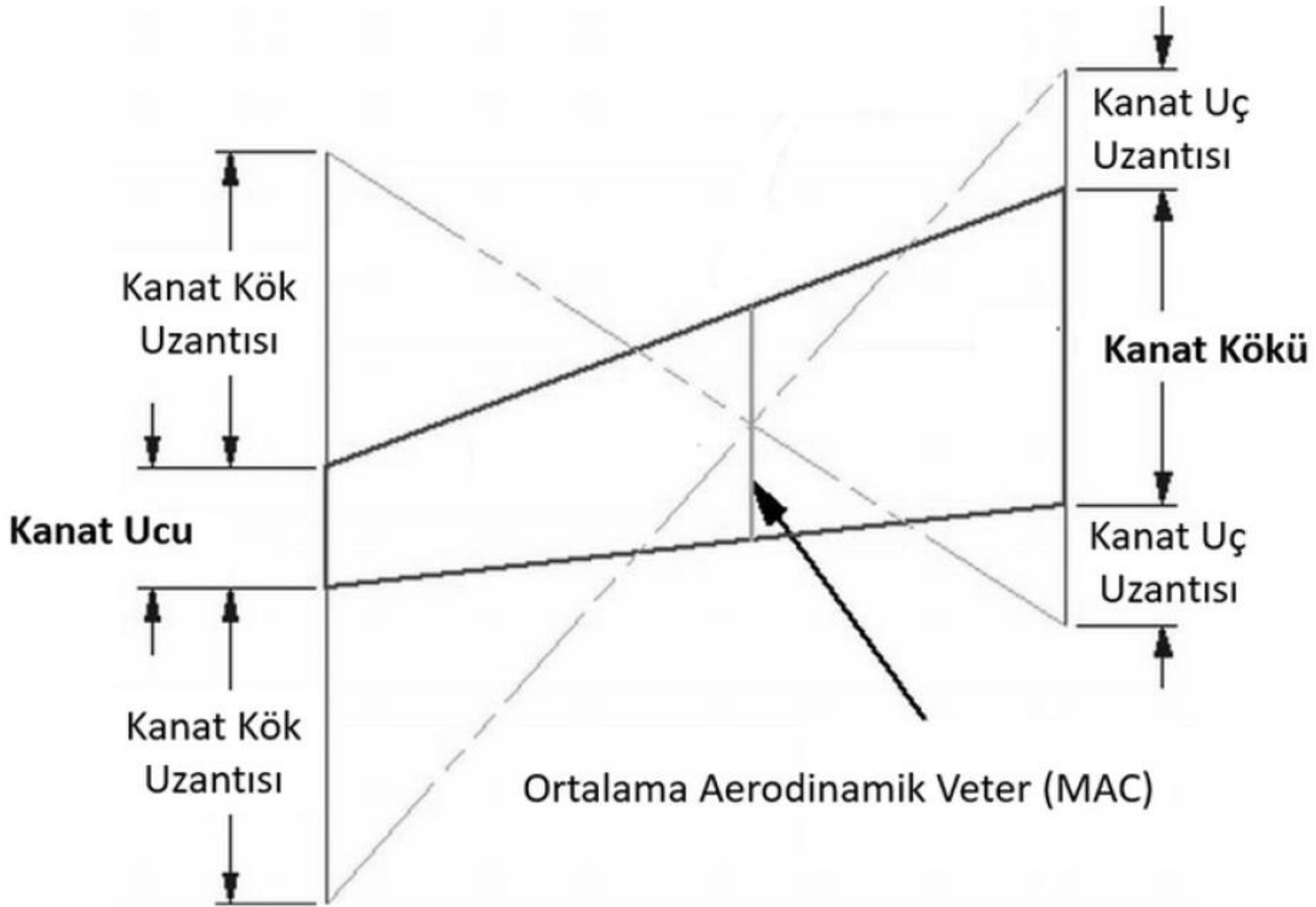


Şekil 5.4. Ok açısının hız bileşeni ve ok açısının taşıma üzerindeki etkisi

5.5. Ortalama Aerodinamik Veter (MAC)

Ortalama aerodinamik veter (mean aerodynamic chord, MAC), uçak denge ve kararlılık hesaplamaları sırasında referans veter olarak kullanılır.

Teorik olarak; kanadın ağırlık merkezi (CG) fabrika çıkışı boş uçak ağırlığında, ortalama aerodinamik veterin hücum kenarından itibaren çeyrek veter uzunluğundadır.

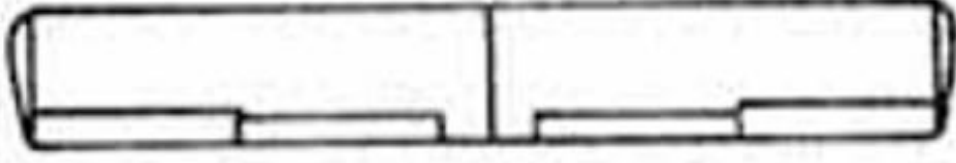


Şekil 5.5. Ok açılı ve sivrilen kanatta ortalama aerodinamik veter

5.6. Kanat Şekilleri

Kanatları şekillerine göre temelde; dikdörtgen kanat, eliptik kanat, ok açılı ikizkenar yamuk (trapez) kanat veya delta kanatlar şeklinde tasarlamak mümkündür.

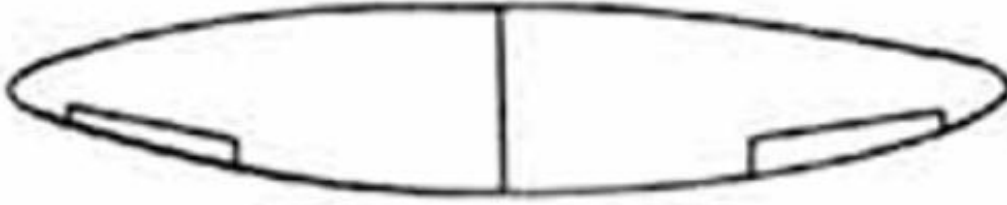
Şekil 5.6'da şekillerine göre kanat çeşitleri gösterilmiştir.



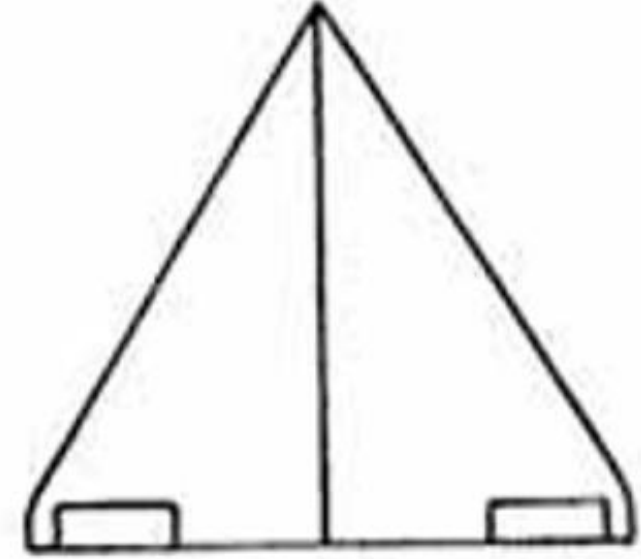
Dikdörtgen Kanat



Ok Açılı Sivrilgen Trapez Kanat



Eliptik Kanat



Delta Kanat

Şekil 5.6. Şekillerine göre temel kanat çeşitleri

5.7. Kanat Yerleşim Çeşitleri ve Dihedral Açısı

Tek kanatlı uçaklara monoplane, çift kanatlı uçaklara biplane uçak denir.

Wright Kardeşlerin ilk başarılı uçuş yaptıkları Flyer uçağı, Antonov An-2 uçağı ve Pitts S serisi aerobatik uçak popüler biplane uçaklardır.



Üstten Kanat



Ortadan Kanat



Alttan Kanat

Yerleşimlerine
Göre Kanatlar



Dihedral Verilmiş
Kanat



Anhedral Verilmiş
Kanat

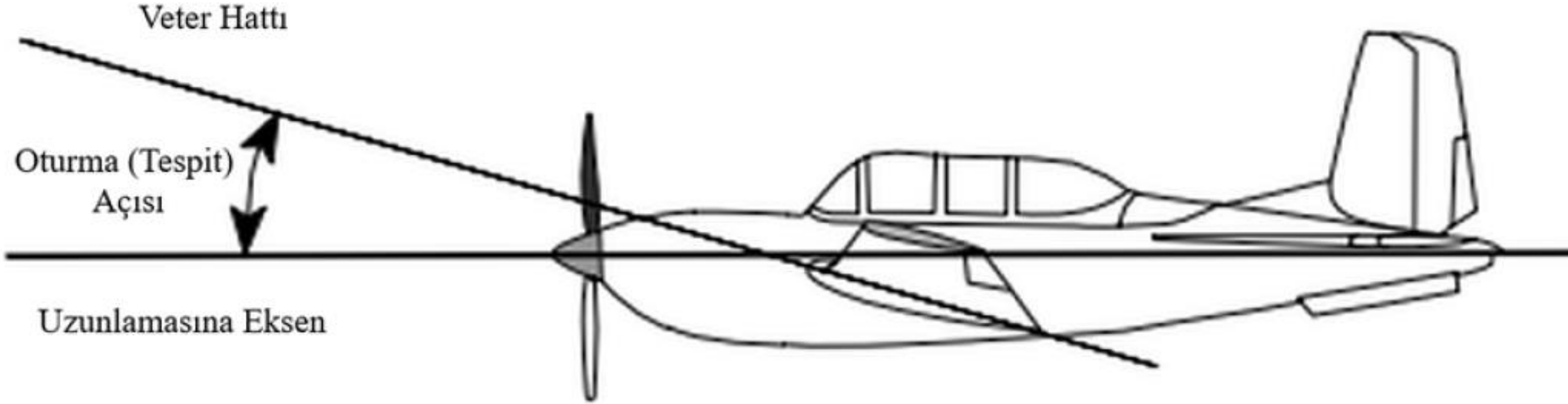
Anhedral ve Dihedral
Verilmiş Kanatlar

Şekil 5.7. Kanat yerleşimleri, dihedral ve anhedral kavramları

5.8. Oturma (Tespit) Açısı

Bir uçağın, kanat veter hattı doğrultusuyla uçağın uzunlamasına eksenini arasında kalan açıya kanat oturma açısı (wing incidence angle) ya da tespit açısı denir. Şekil 5.8'de kanat tespit açısının gösterimi yapılmıştır.

Bir uçağa yandan bakıldığında, kanat tespit açısı görülebilir.

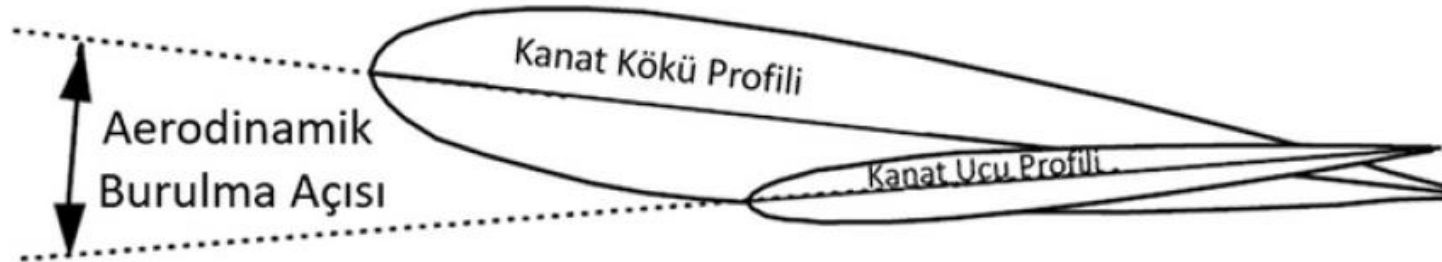
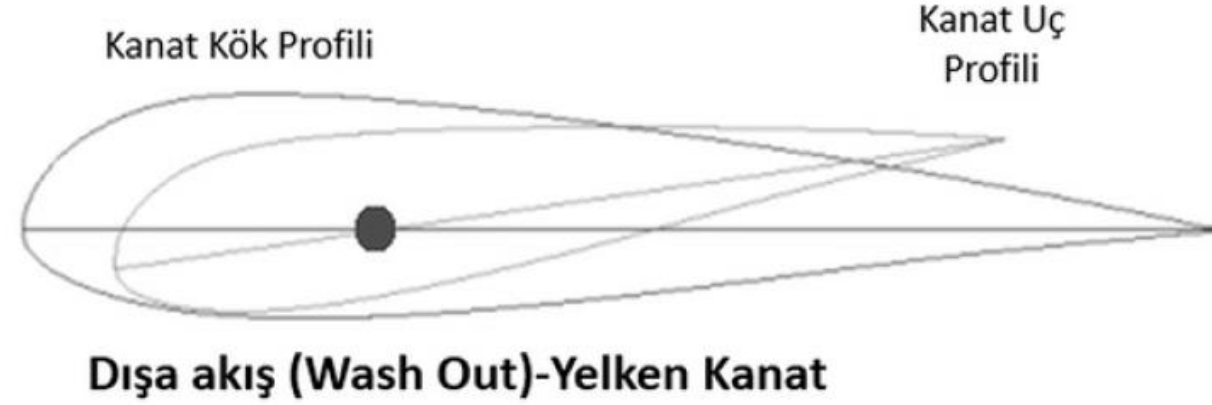
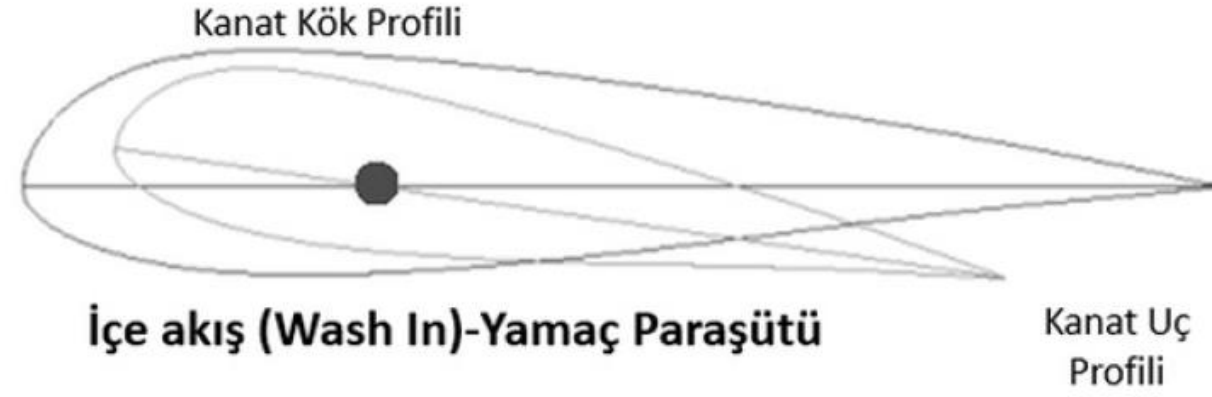


Şekil 5.8. Kanat oturma (tespit) açısı

5.9. Burulma Açısı, İçe-Akış ve Dışa-Akış

Burulma açısı; kanat kökü veter hattı doğrultusuyla, kanat ucu veter hattı doğrultusu arasındaki açısal farka denir.

Bu açısal fark, geometrik veya aerodinamik şekilde olabilir.

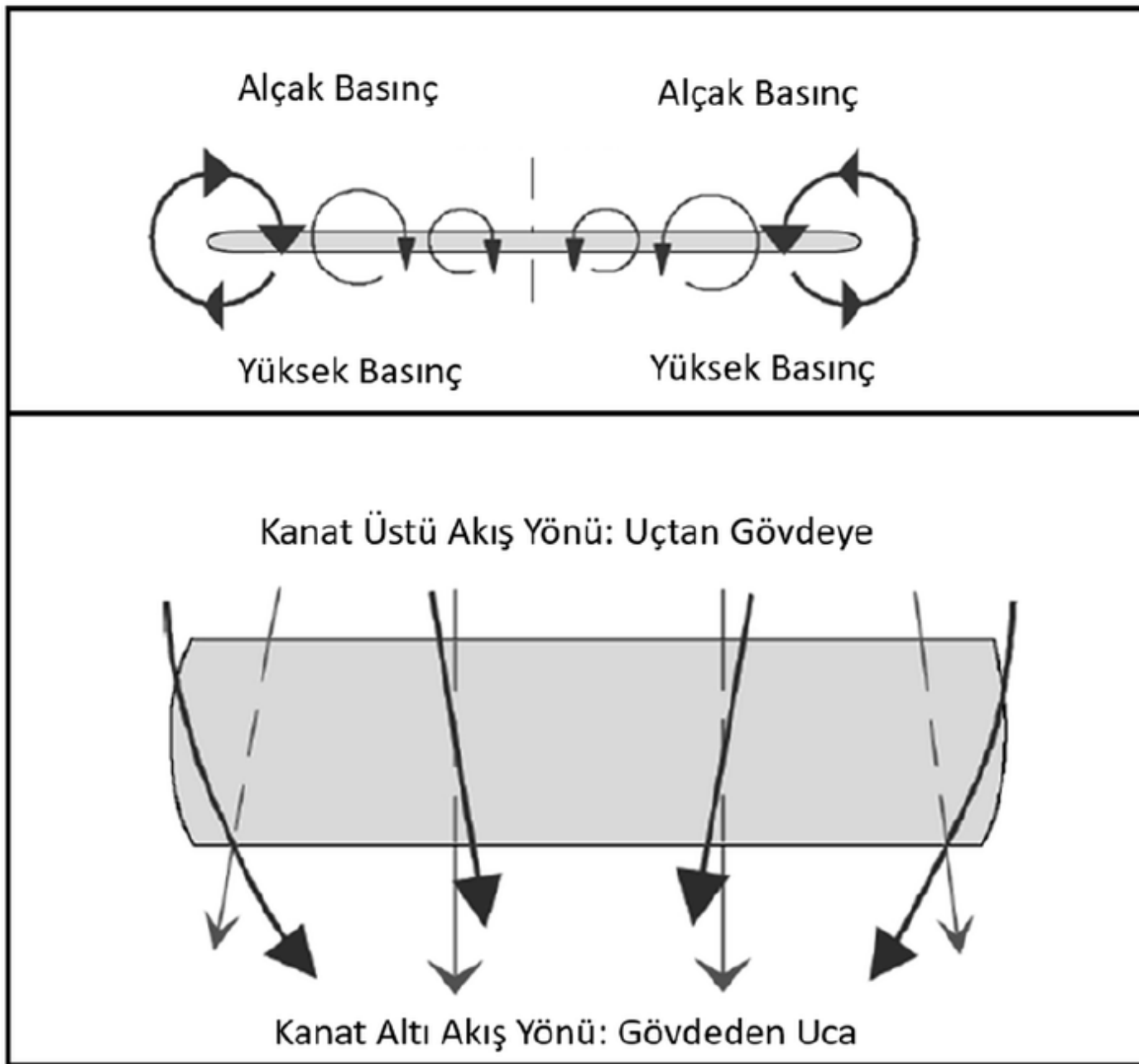


Şekil 5.9. Geometrik ve aerodinamik burulma açıları

5.10. Kanat Etrafında Hava Akışı

Kanadın üst yüzeyinden akan hava, kanat altından akan havadan daha hızlı olduğundan; kanat üstü, kanat altına göre daha düşük basınç değerine sahiptir.

Basınç farklılığı nedeniyle, kanat altından kanat üstüne doğru bir akış olur.



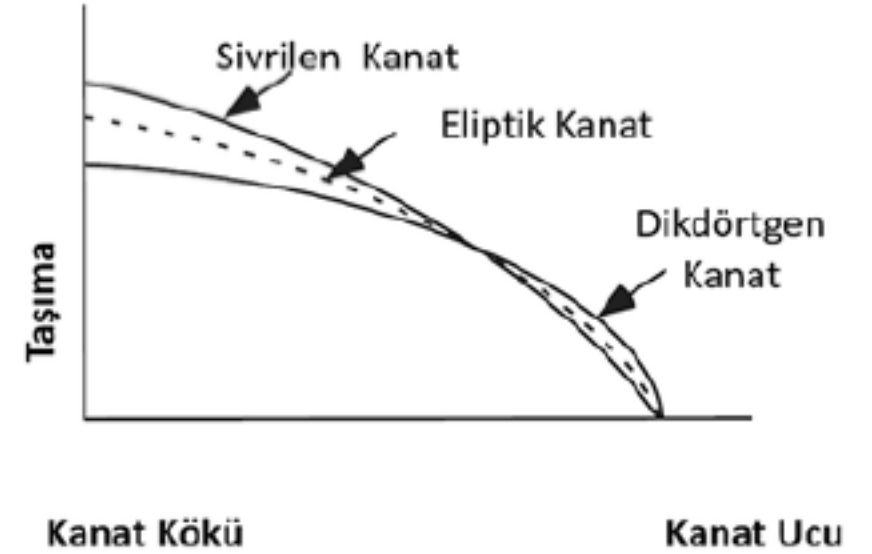
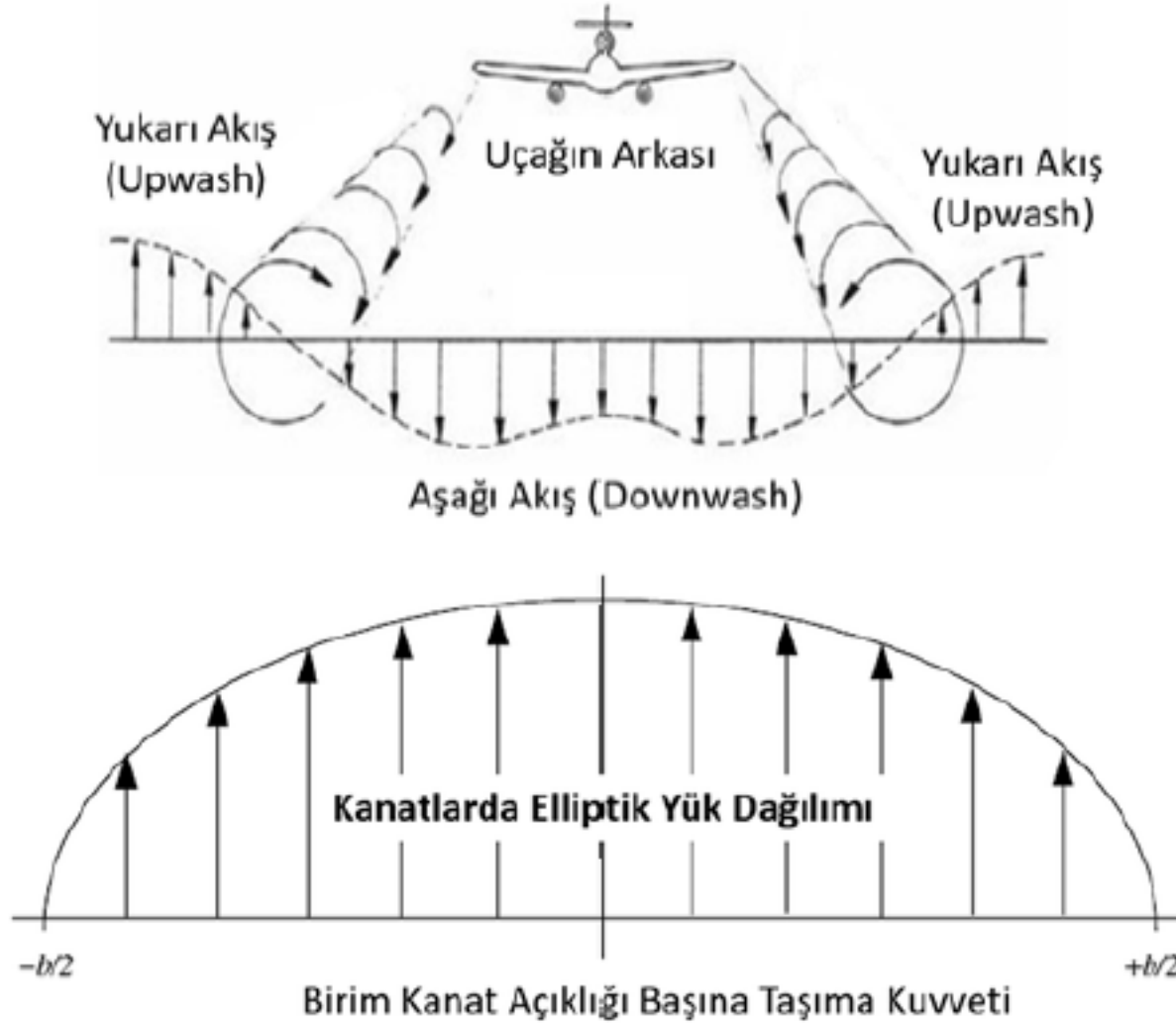
Şekil 5.10. Kanatlarda hava akışı

5.11. Kanat İz Bölgesinde Akış ve Kanatlarda Taşıma Dağılımı

Sonlu kanatta; kanat ucunda basınç farkından dolayı kanat altından geçen hava, kanat üst yüzeyindeki düşük basınca doğru hücum eder.

Buna yukarı-akış (upwash) adı verilir.

Kanat uçları haricinde ise iç kanatlarda hava kanadı geçtikten aşağı-akış (downwash) doğal akışına devam eder.



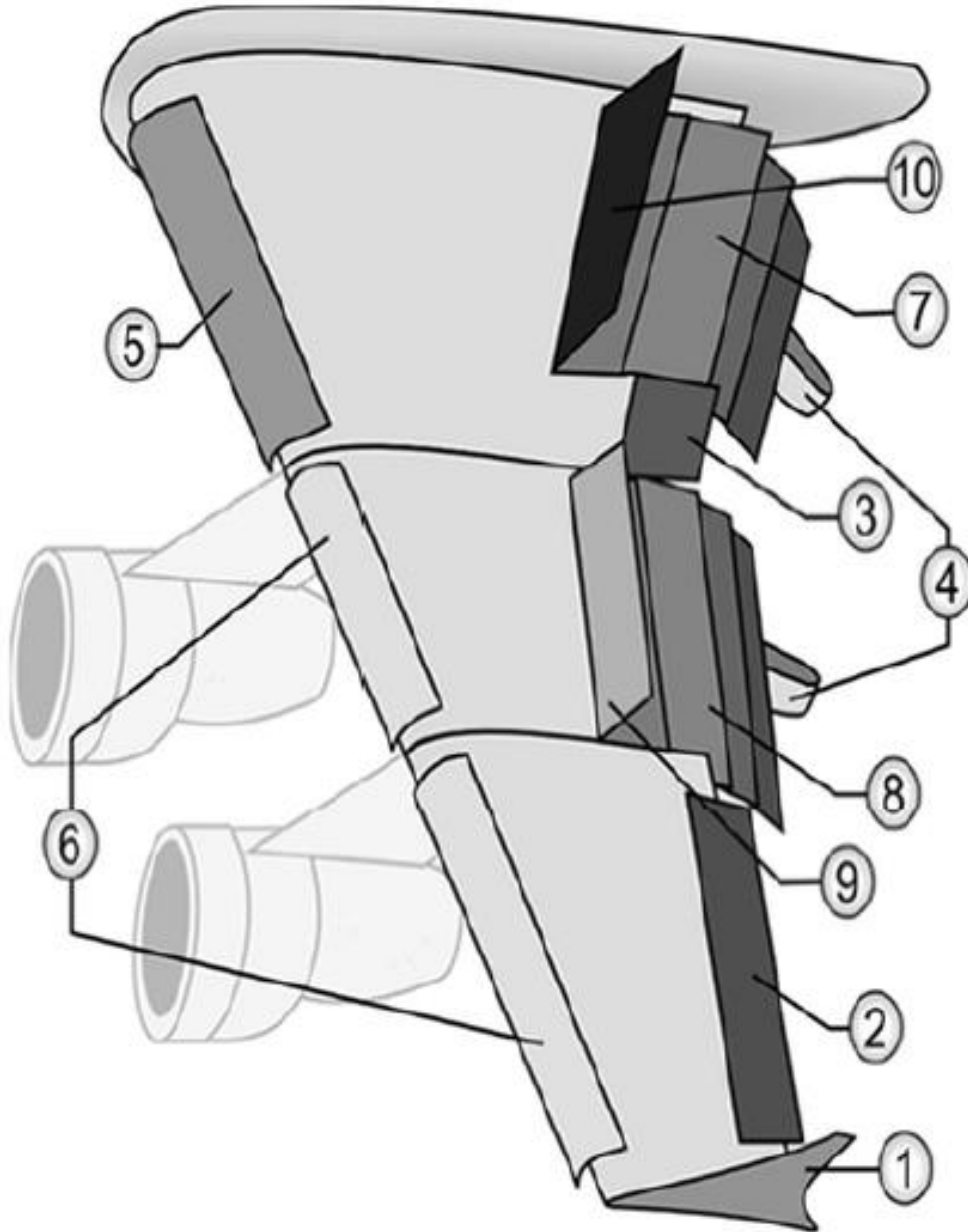
Şekil 5.12. Uçağın iz bölgesinde akış ve kanatlarda yük dağılımı

5.12. Kanatlarda Akış Kontrolü

5.12.1. Flaplar, Slatlar ve Hız Frenleri

Flaplar ve slatlar; hem kanat alanını arttırmak, hem de kanat profil kavisliğini değiştirmek suretiyle taşımayı arttırıcı kanat eklentileridir.

- 5.12.1. Flaplar, Slatlar ve Hız Frenleri
- 5.12.2. Winglet (Uç Kanat)
- 5.12.3. Stol Şeritleri (Stall Strips)
- 5.12.4. Girdap Üreteçler (Vortex Generators)



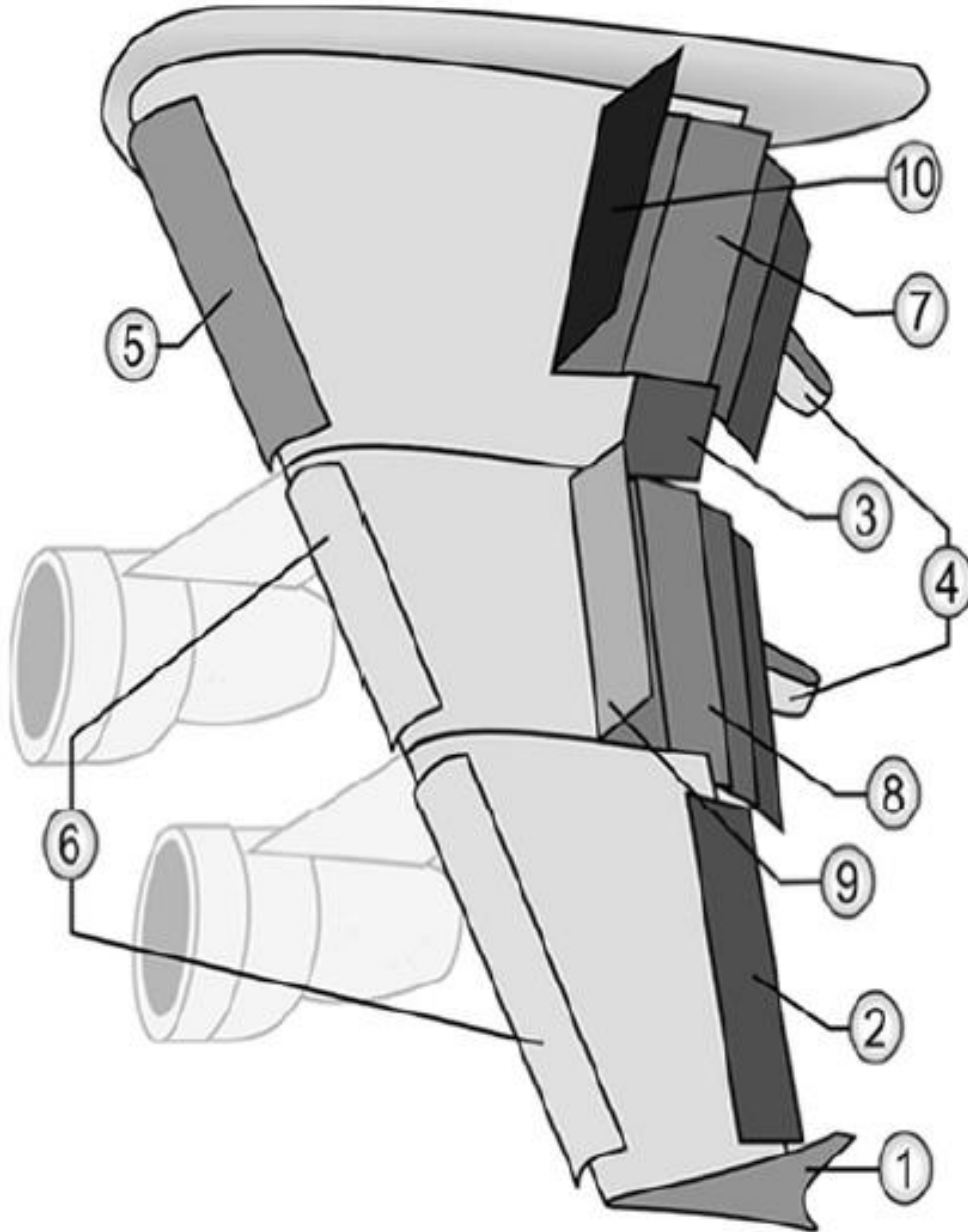
1. Uç Kanat (Winglet)
2. Yatış Kanatçığı (Aileron)
3. Flaperon
4. Flap İzleme Kaplaması
5. Krueger Flapı
6. Slat
7. 3 Oluklu İç Flap
8. 3 Oluklu Dış Flap
9. Uçuş Hız Freni (Flight Spoiler)
10. Yer Hız Freni (Ground Spoiler)

Şekil 5.13. Kanat eklentileri

5.13. Ön Kanat ve Bordalar

Ön-kanatlar (canard), ana kanadın ön tarafında uçağa monte edilmiş yatay kanat benzeri bir çıkıntıdır.

Ön kanatlar aslında, geleneksel tip uçakların kuyruk takımında bulunan yatay stabilizenin öne taşınması işlemidir.



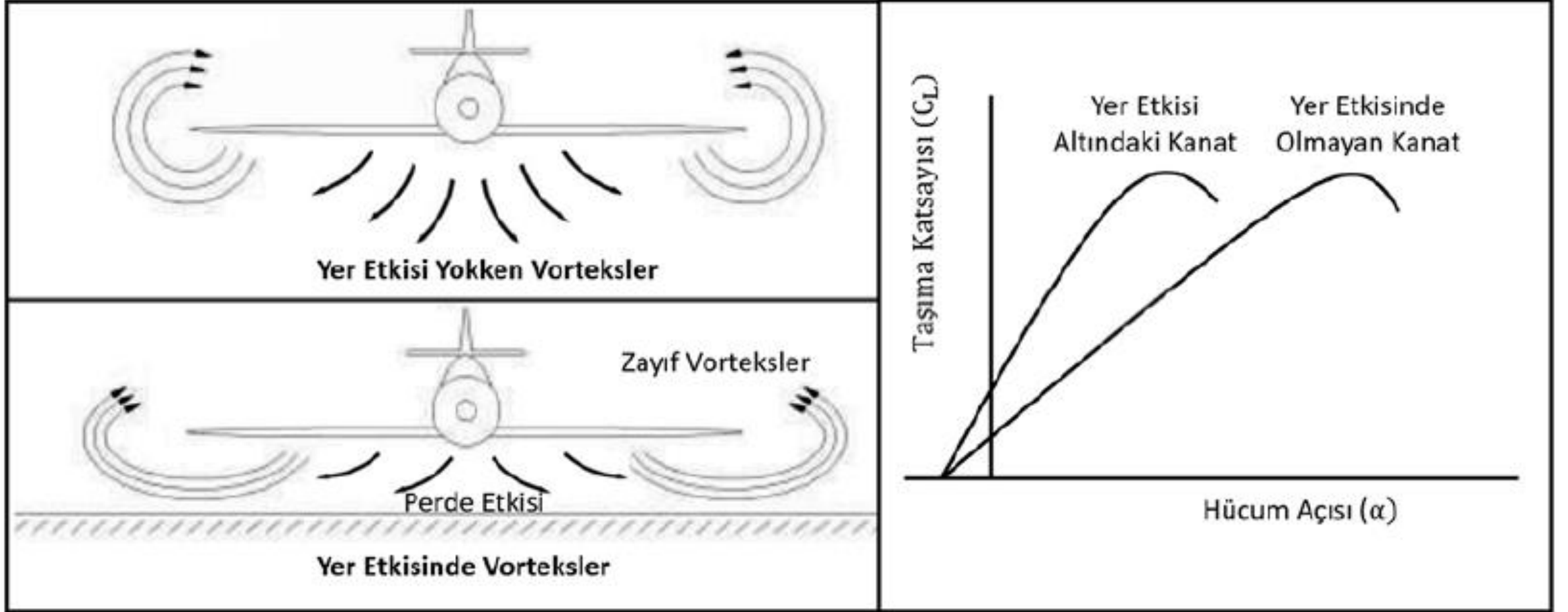
1. Uç Kanat (Winglet)
2. Yatış Kanatçığı (Aileron)
3. Flaperon
4. Flap İzleme Kaplaması
5. Krueger Flapı
6. Slat
7. 3 Oluklu İç Flap
8. 3 Oluklu Dış Flap
9. Uçuş Hız Freni (Flight Spoiler)
10. Yer Hız Freni (Ground Spoiler)

Şekil 5.13. Kanat eklentileri

5.14. Yer Etkisi

Uçaklar; iniş ve kalkışlarda zemine yakın uçtuklarında uçak kanatlarının oluşturduğu vortislerin etkisi azalır.

Yer etkisi yüzünden, indüklenmiş sürüklenme ve ihtiyaç duyulan motor gücü düşer.



Şekil 5.16. Yer etkisinin şematik gösterimi

6.Bölüm

SÜRÜKLEME KUVVETİ ve SÜRÜKLEME ÇEŞİTLERİ

- 6.1. Sürüklemenin Tanımı
- 6.2. Sürükleme Çeşitleri
- 6.3. Yüzey Sürtünme Sürüklemesi
- 6.4. Şekil (Basınç) Sürüklemesi
- 6.5. İndüklenmiş Sürükleme
- 6.6. Sürükleme Katsayıları

➤ 6.7. Sürüklenme Kutbu (Poleri)

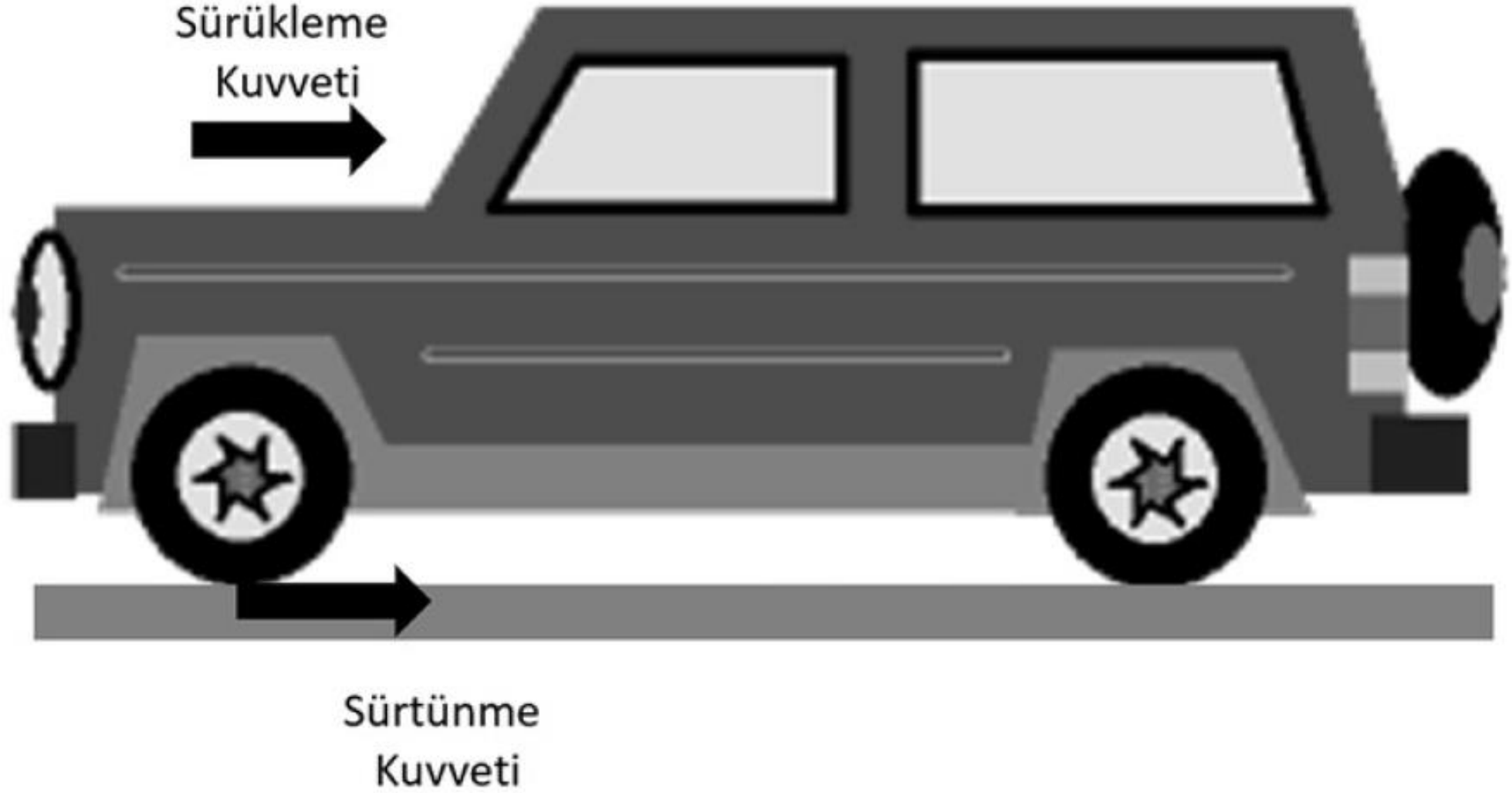
➤ 6.8. Bağlantı Yeri Sürüklenmesi

➤ 6.9. Şok Dalgası Sürüklenmesi

6.1. Sürüklemenin Tanımı

Hava direncinin yol açtığı sürüklenme, kavramsal olarak sürtünmeden farklıdır.

Fizikte, sürtünme olarak ele alınan konu katı-katı yüzey arasında gelişen ve hareketi zorlaştıran kavram iken; aerodinamikte, sürüklenme katı ile hava (akışkan) arasında gelişen ve yüksek hızlarda hareketi zorlaştıran etkindir.

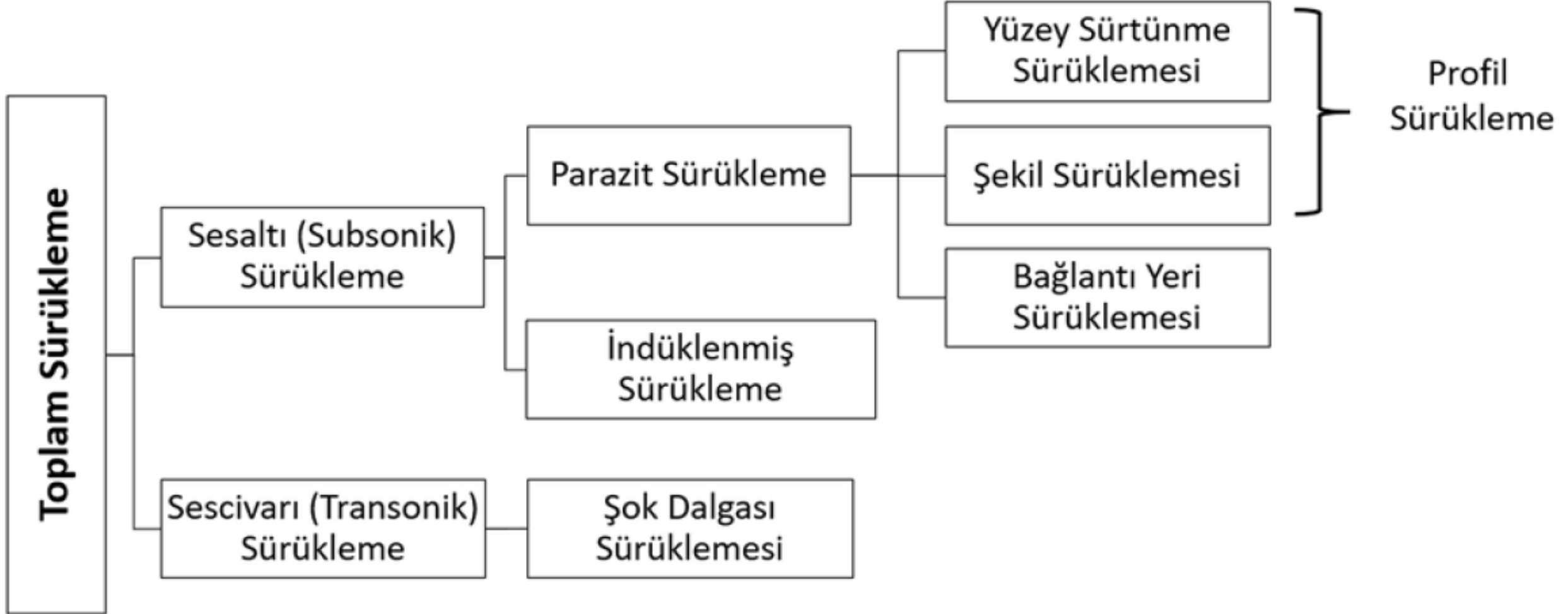


Şekil 6.1. Sürtünme ve sürüklenme kuvvetleri

6.2. Sürüklenme Çeşitleri

Sesaltı uçuşlarda, uçağa parazit sürüklenme ve indüklenmiş sürüklenme etki eder.

Şok dalgalarından kaynaklı sürüklenme bileşeni olan dalga sürüklemesi, transonik ve süpersonik rejimlerde ortaya çıkar.



Şekil 6.2. Sürüklemenin sınıflandırılması

6.3. Yüzey Sürtünme Sürüklemesi

Uçak yüzeyi ile temasta olan hava parçacıkları, havanın viskoz (akmaya karşı direnç) özelliğinden dolayı uçak yüzeyine yapışma ve böylece uçağı geri sürüklenme özelliğindedir.

Akışkanlarla doğrudan temas hâlinde yapılan ve hız gerektiren sporlarda; giysi tercihleri yapılırken, yüzey sürtünme sürüklemesi dikkate alınır.

Laminer Akış

Geçiş Bölgesi

Türbülanslı Akış

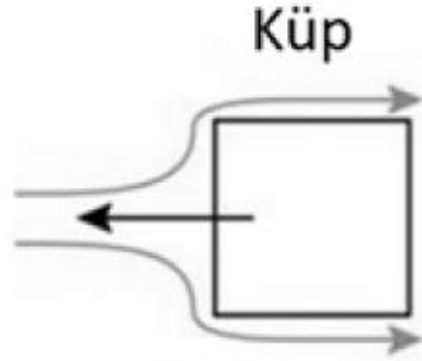


Şekil 6.3. Yüzey sürtünme sürüklemesi ve akış yapıları

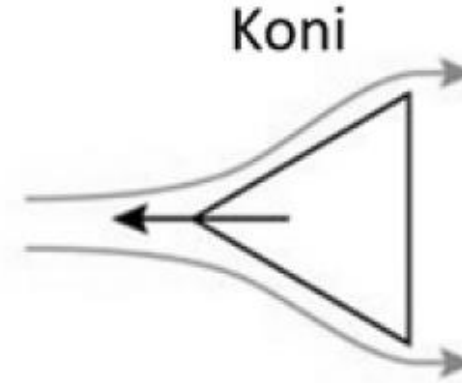
6.4. Şekil (Basınç) Sürüklemesi

Havada uçan bir cismin; geometrik şeklinden, ön kesitinden veya aerodinamik formundan kaynaklı oluşan sürüklemeye form (şekil) sürüklemesi denir.

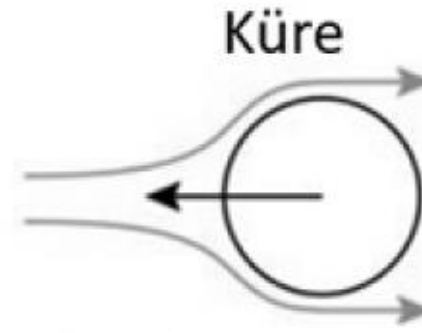
Şekil sürüklemesi; bir nesnenin hücum kenarındaki basıncının, firar kenarındaki basınçtan daha büyük olması nedeniyle oluşur.



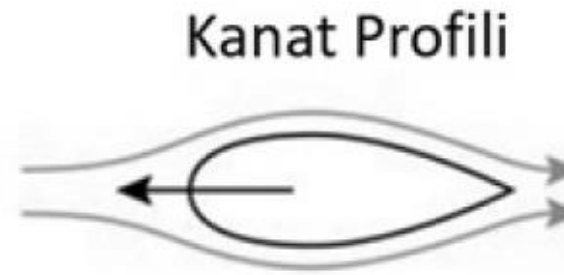
$$c_d = 1.05$$



$$c_d = 0.50$$



$$c_d = 0.47$$



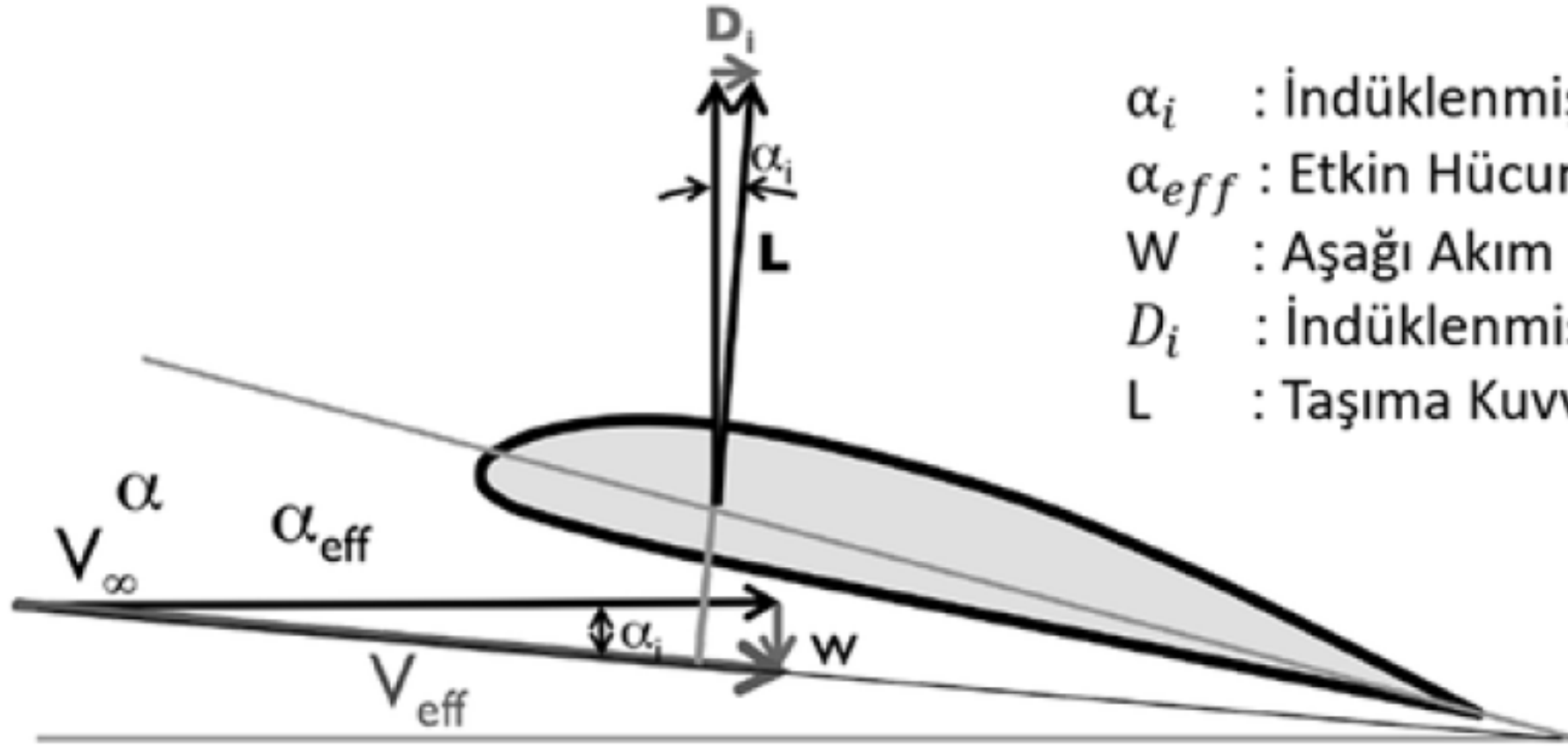
$$c_d = 0.04$$

Şekil 6.5. Aerodinamik formların oluşturduğu sürüklenme katsayıları

6.5. İndüklenmiş Sürüklenme

Kanat ucu girdapları, kanat aşağı akımları (downwash) etkileyerek taşıma kuvvet vektörüne arkaya doğru bir bileşke kuvvet dâhil olmasına yol açar.

İndüklenmiş sürüklenme; kanatlarda oluşan aşağı akımlar sayesinde taşıma kuvvetinde oluşan kayıpları karşılamak için, kanadın daha büyük bir hücum açısı yapması nedeniyle ortaya çıkan ek sürüklenme bileşenidir.



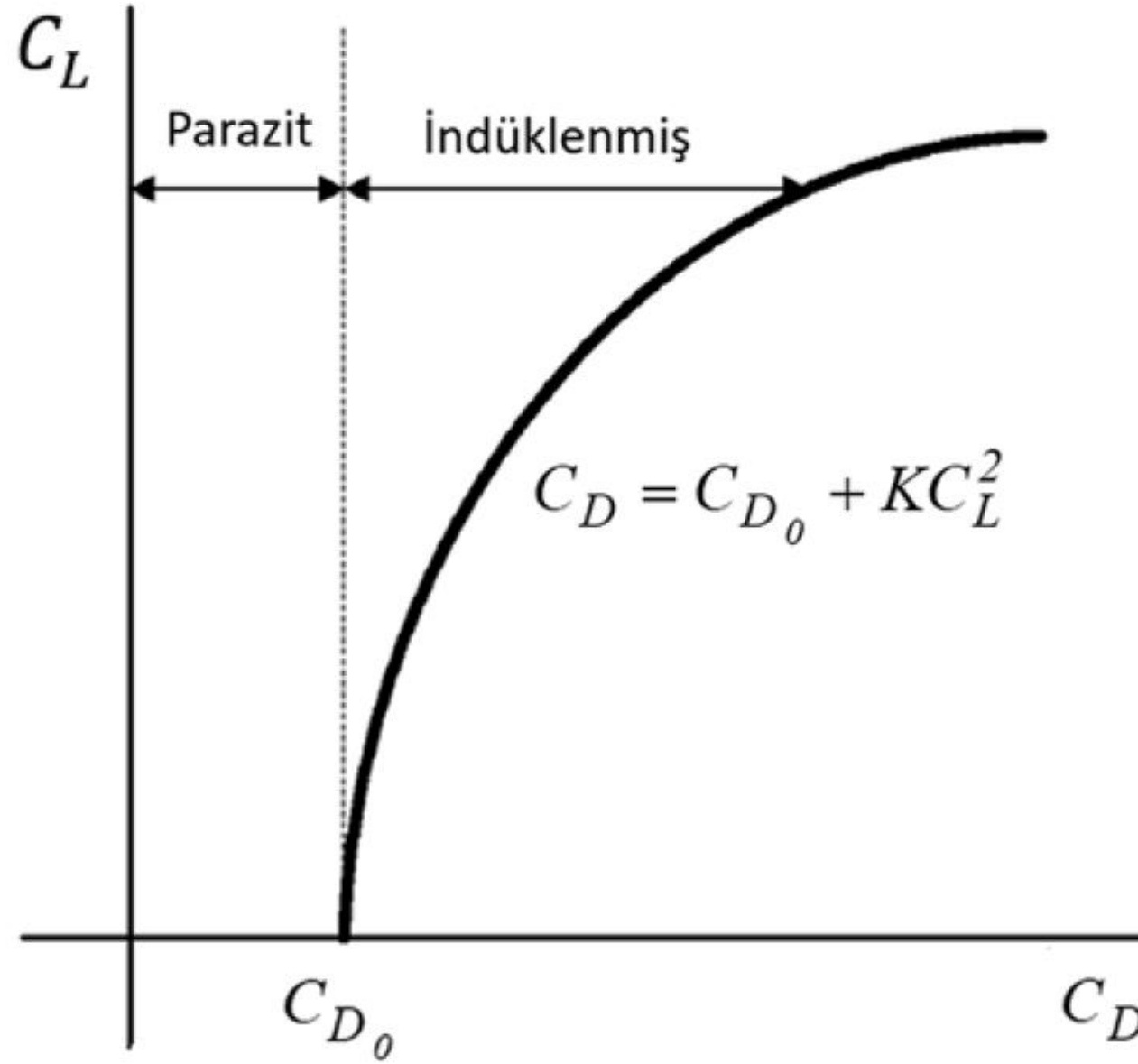
- α_i : İndüklenmiş Hücüm Açısı
 α_{eff} : Etkin Hücüm Açısı
 w : Aşağı Akım (Downwash)
 D_i : İndüklenmiş Sürüklenme
 L : Taşıma Kuvveti

Şekil 6.6. İndüklenmiş sürüklenme

6.6. Sürüklenme Katsayıları

Bir kanat profil yapısı için, cebirsel olarak hesaplanan teorik sürüklenme kuvveti ile rüzgâr tüneline ölçülen deneysel sürüklenme kuvveti arasında farklılıklar vardır.

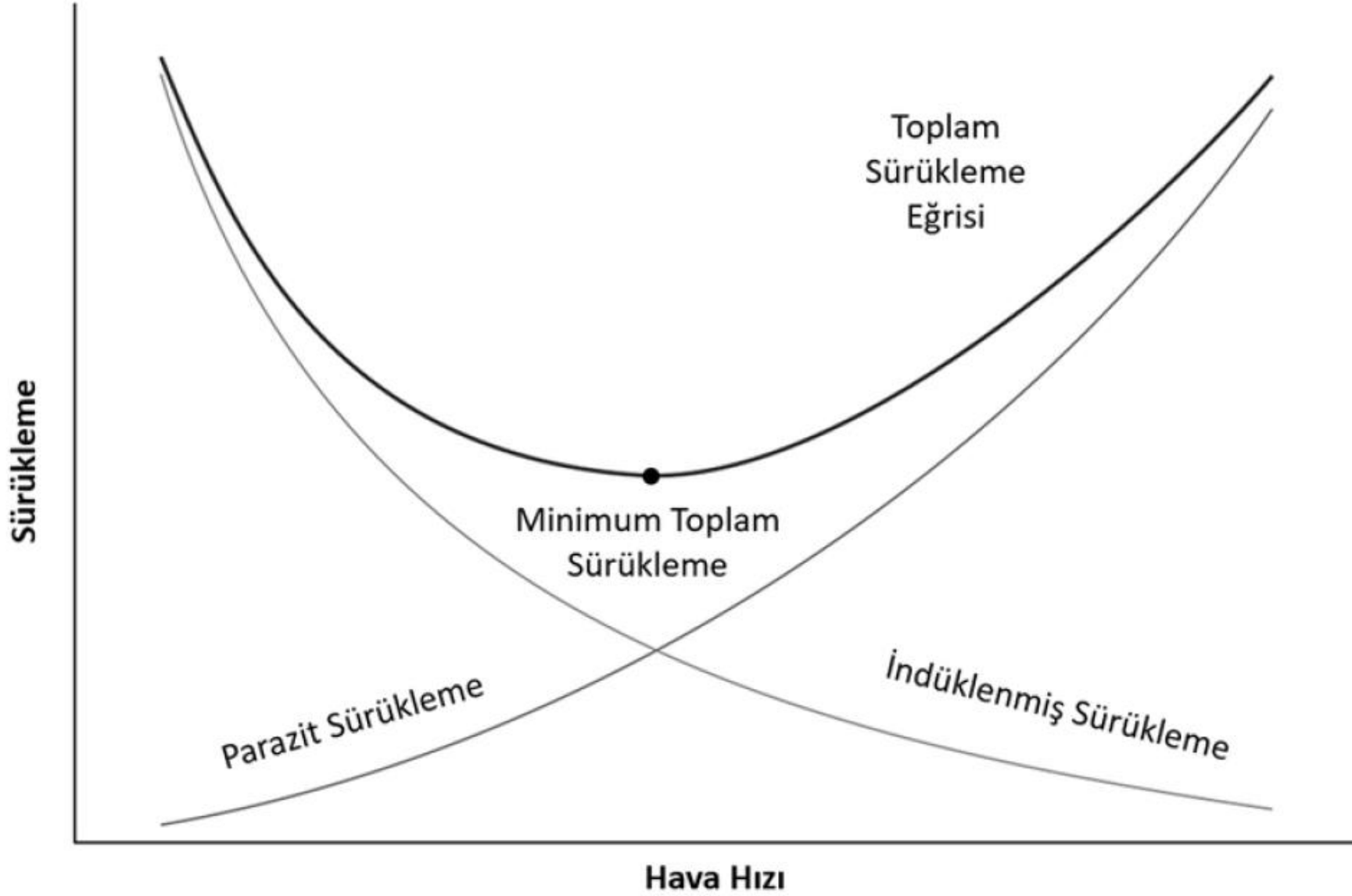
Sürüklenme kuvveti teorik olarak hesaplandıktan sonra, bu farklılıklar göz önüne alınarak teorik sürüklemenin bir katsayıyla çarpımı yapılır.



Şekil 6.9. Taşıma katsayısının sürüklenme katsayısıyla değişim eğrisi

6.7. Sürüklenme Kutbu (Poleri)

Bir uçağın sürüklenme kutbu (poleri) eğrisi, uçuş performansını analiz etmek ve dolayısıyla bir tasarımı anlamak için neredeyse gereken tüm bilgileri içerir.

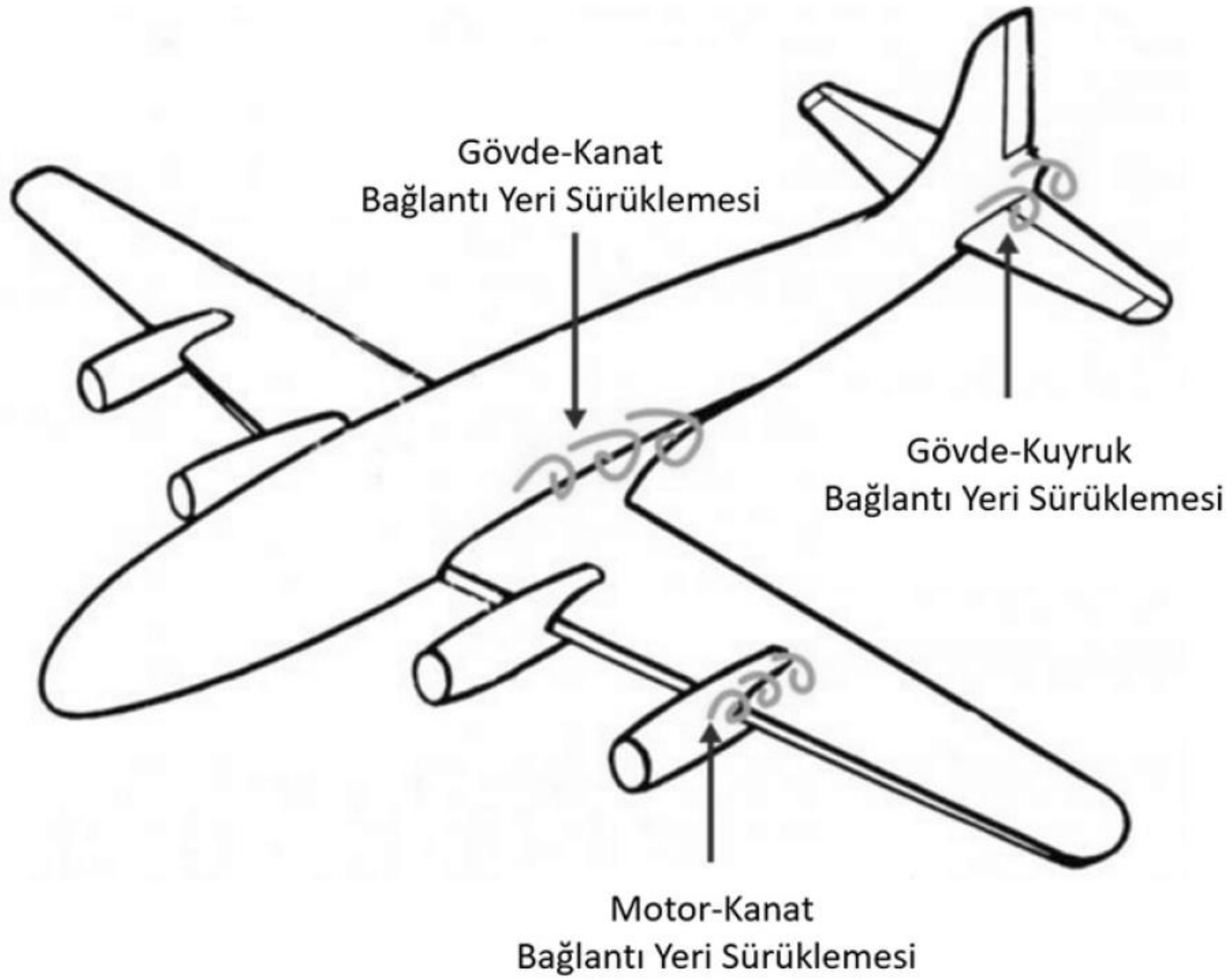


Şekil 6.10. Sürüklem kutbu (poleri) eğrisi

6.8. Bağlantı Yeri Sürüklemesi

Uçak bir bütün olarak düşünüldüğünde, parazit sürüklemenin uçak bileşenlerinin ayrı ayrı oluşturduğu sürüklemelerin toplamından daha fazla sürükleme üretir.

Bu ek sürükleme, uçağın kanat-gövde, kanat-motor yuvası (paylon) gibi birleşim yerlerinin yarattığı sürüklemelerin yani “bağlantı yeri” sürüklemesinin sonucudur.

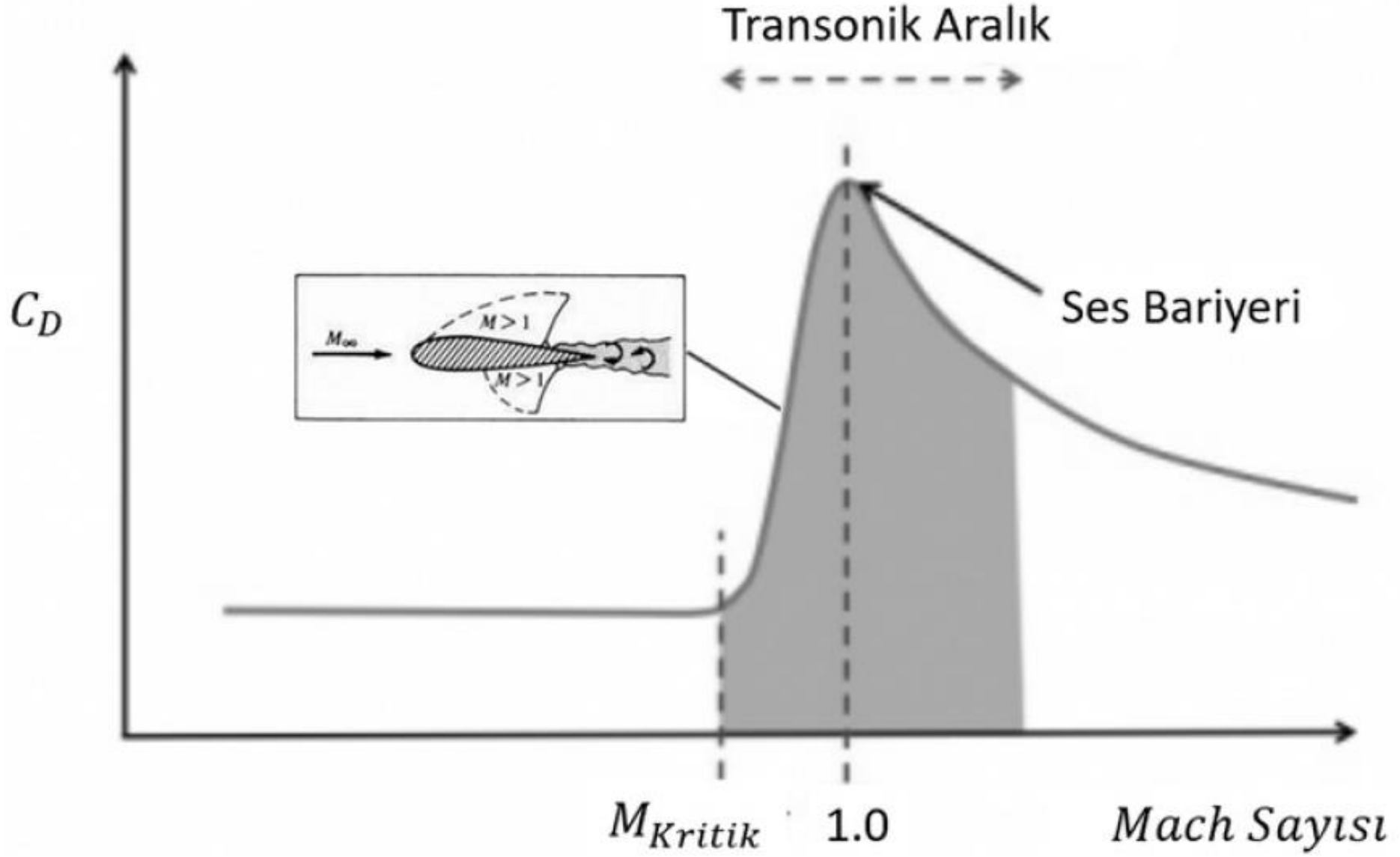


Şekil 6.11. Bağlantı yeri sürüklemesi

6.9. Şok Dalgası Sürüklemesi

Havacılıkta dalga sürüklemesi, şok dalgalarının varlığından dolayı, transonik ve süpersonik hızlarda hareket eden uçaklardaki aerodinamik sürüklemenin bir bileşenidir.

Dalga sürüklemesi, viskoz etkilerden bağımsızdır.



Şekil 6.12. Şok dalgası sürüklemesi

7.Bölüm

KONTROL ve KARARLILIK

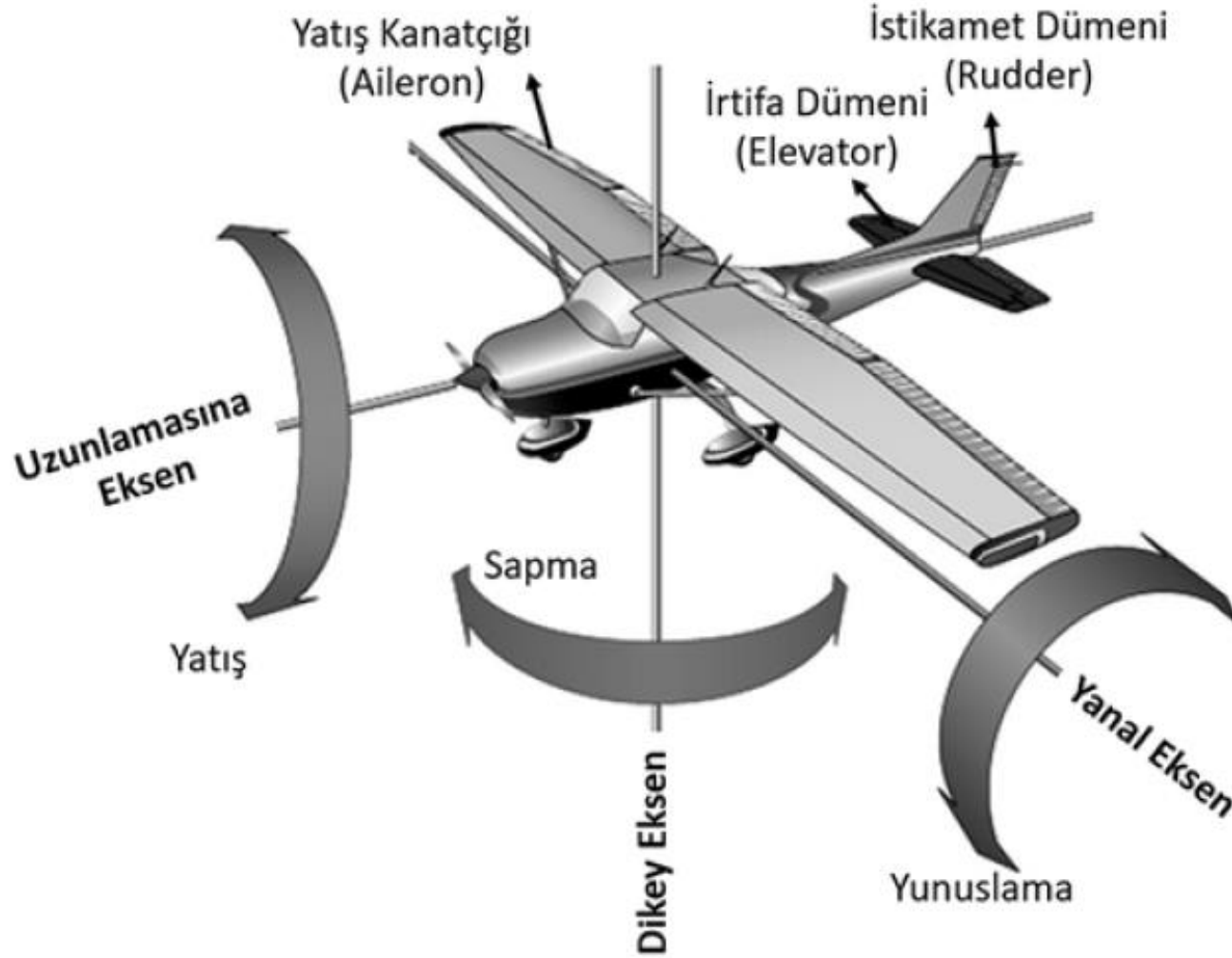
- 7.1. Uçuş Eksenleri ve Uçağın Serbestlik Derecesi
- 7.2. Temel Kontrol Yüzeyleri ve Etkileri
- 7.3. İkincil Kontrol Yüzeyleri ve Ek Konular
- 7.4. Hibrit Kontrol Yüzeyleri
- 7.5. Temel Kararlılık Bilgisi
- 7.6. Uçağın Denge ve Kararlılığı

7.1. Uçuş Eksenleri ve Uçağın Serbestlik Derecesi

Uçağın dikey eksen, yanal eksen ve uzunlamasına eksen olmak üzere üç temel hareket eksenidir.

Uçak, bu üç temel hareket eksenini etrafındaki iki farklı yönde hareket etmek üzere toplam 6 serbestlik derecesi ile uçar.

- 7.1.1. Uzunlamasına Eksen
- 7.1.2. Dikey Eksen
- 7.1.3. Yanal Eksen



Dönme Eksen	Uçağın Hareketi	Kontrol Yüzeyleri
Yanal Eksen	Yunuslama	İrtifa Dümeni
Dikey Eksen	Sapma	İstikamet Dümeni
Uzunlamasına Eksen	Yatış	Yatış Kanatçığı

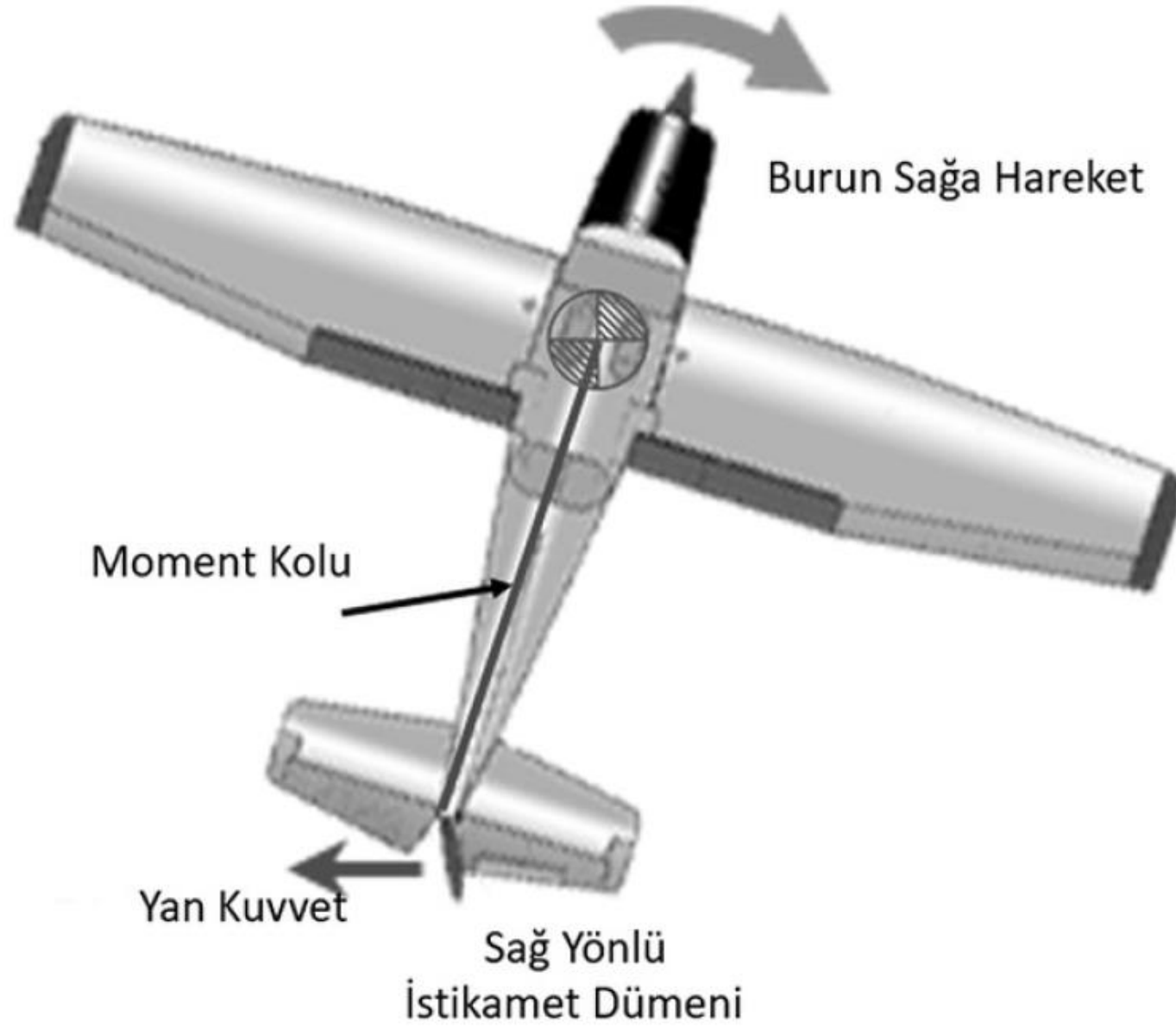
Şekil 7.1. Uçağın uçuş eksenleri ve temel kontrol yüzeyleri

7.2. Temel Kontrol Yüzeyleri ve Etkileri

Yatış kanatçığı (aileron), istikamet dümeni (rudder) ve irtifa dümeni (elevator) uçakların temel kontrol yüzeyleridir.

Kontrol yüzeylerinin temelde iki amacı vardır.

- 7.2.1. Yatış Kanatçığı (Aileron) ile Yatış (Roll) Hareketinin Kontrolü
- 7.2.2. İstikamet Dümeni (Rudder) ile Sapma (Yaw) Hareketinin Kontrolü
- 7.2.3. İrtifa Dümeni (Elevator) ile Yunuslama (Pitch) Hareketinin Kontrolü



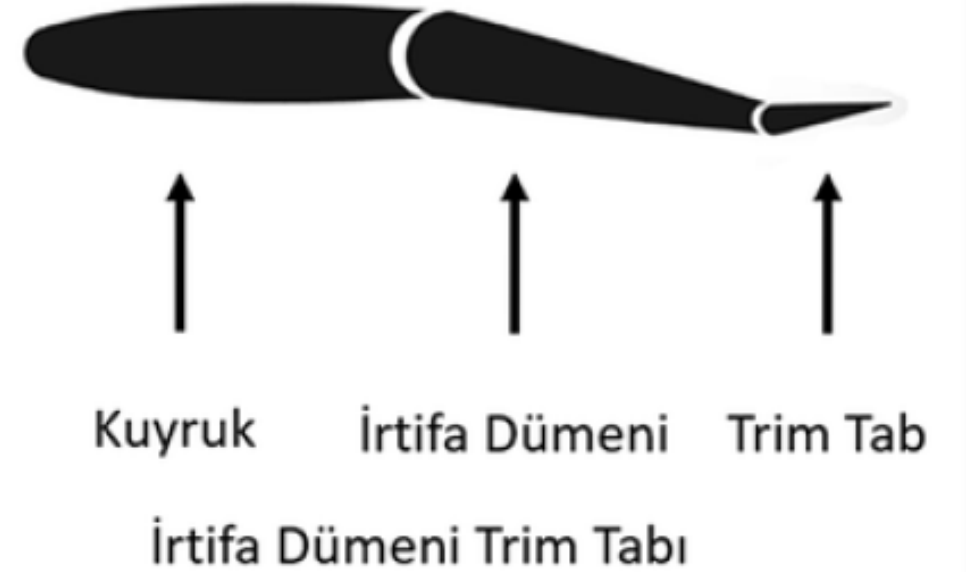
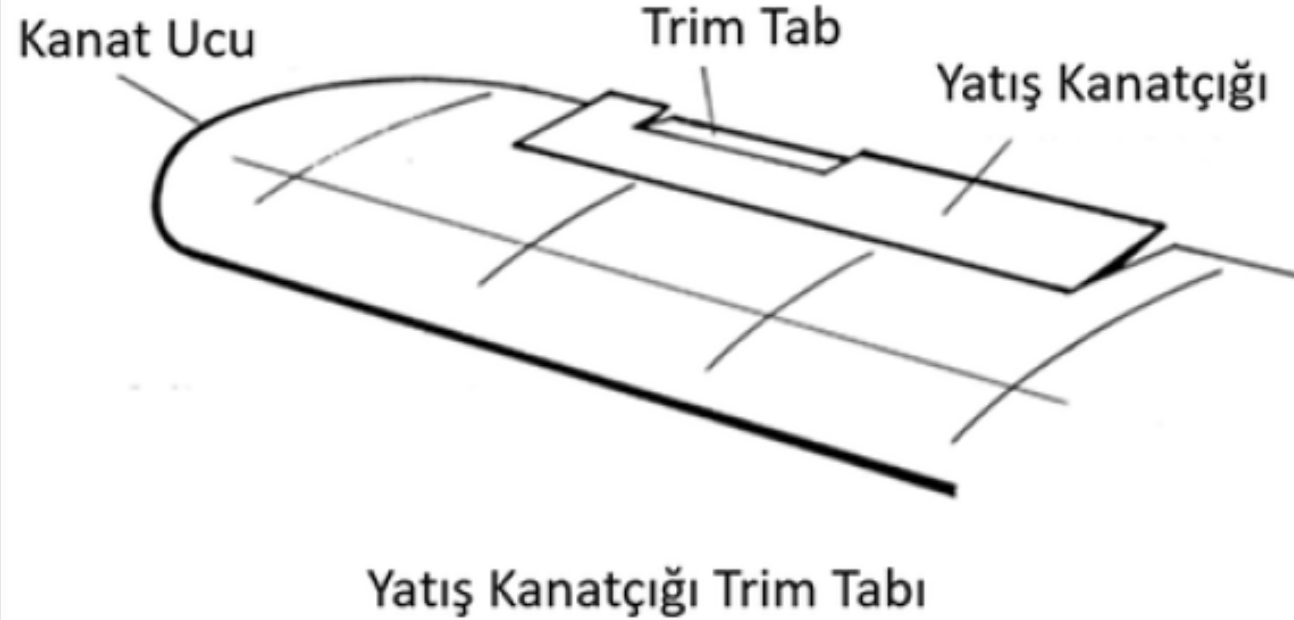
Şekil 7.4. İstikamet dümeni (rudder) ile sapma (yaw) hareketinin kontrolü

7.3. İkincil Kontrol Yüzeyleri ve Ek Konular

Flaplar, slatlar ve hız frenleri (spoyler) uçakların ikincil kontrol yüzeyleridir.

Bunların haricinde; kontrol ve denge ayar (trim) kanatçıkları (tablar), ikincil kontrol yüzeyleridir.

- 7.3.1. Trim Tabı
- 7.3.2. Menteşe Momenti ve Kütle-Balans
- 7.3.3. Elektronik Uçuş Sistemi (Fly-by-Wire)
- 7.3.4. Kumandaların İkincil Etkileri



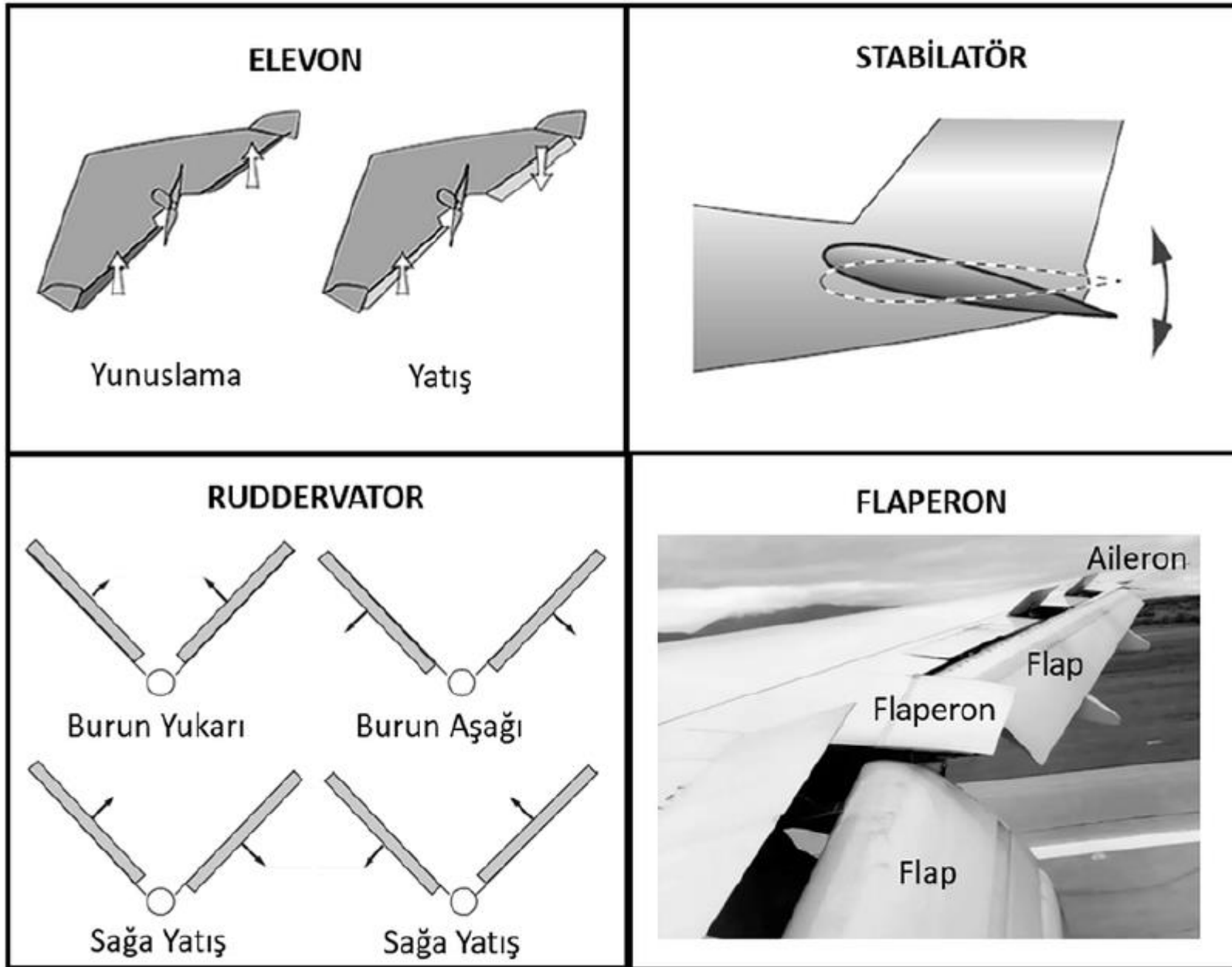
Şekil 7.6. Denge ayar kanatçıkları (trim tablari)

7.4. Hibrit Kontrol Yüzeyleri

Temel kontrol yüzeylerinden ikisinin yaptığı işi tek başına yapabilen mekanizmalara, hibrit kontrol yüzeyleri denir.

Hibrit kontrol yüzeyleri; uçakları geleneksel tasarım kalıplarından kurtarıp, uçaklarda özgün tasarımlar yapılmasına olanak sağlar.

- 7.4.1. Elevon, Taileron ve Spoileron
- 7.4.2. Ruddervator
- 7.4.3. Stabilatör
- 7.4.4. Flaperon



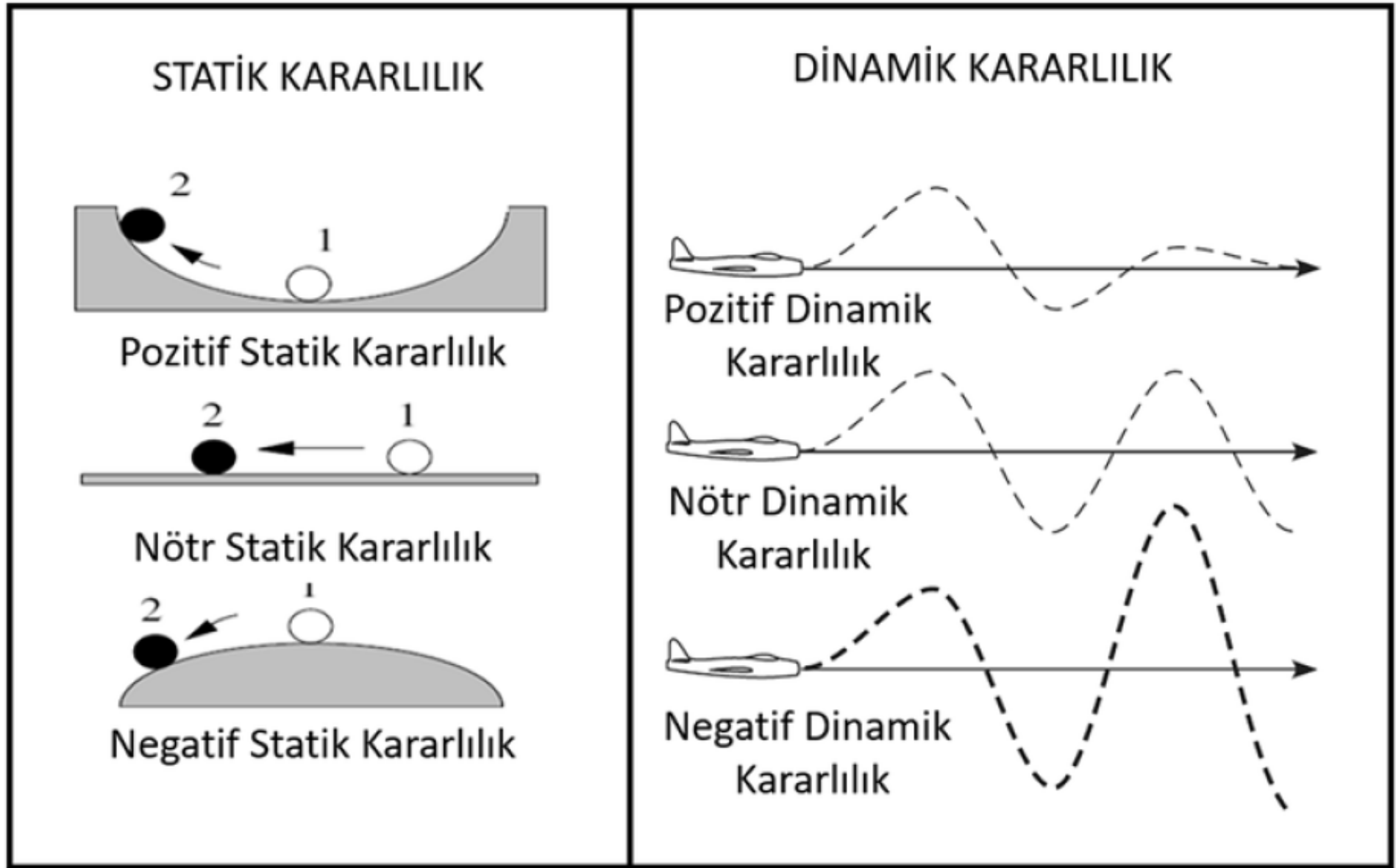
Şekil 7.8. Elevon, ruddervator, stabilatör ve flaperon gibi kontrol yüzeylerinin gösterimi

7.5. Temel Kararlılık Bilgisi

Kararlılık, bir sistemin denge hâlindeyken birtakım bozulmalar sonrasında, yeniden denge hâline dönme eğilimine denir.

Hava araçları türbülans, ani ters hava hareketleri vb. dış etkilere açıktır.

- 7.5.1. Statik Kararlılık
- 7.5.2. Dinamik Kararlılık



Şekil 7.9. Statik ve dinamik kararlılık çeşitleri

7.6. Uçağın Denge ve Kararlılığı

Kararlılık diğer bir ifadeyle uçağın kontrol edilebilirliğidir.

Uçağın kararlılığı; uzunlamasına eksen, yanal eksen ve dikey eksen etrafında ağırlık merkezi (Center of Gravity, CG) referans alınarak belirlenir.

- 7.6.1. Uzunlamasına Kararlılık
- 7.6.2. Yanal Kararlılık
- 7.6.3. Doğrusal Kararlılık

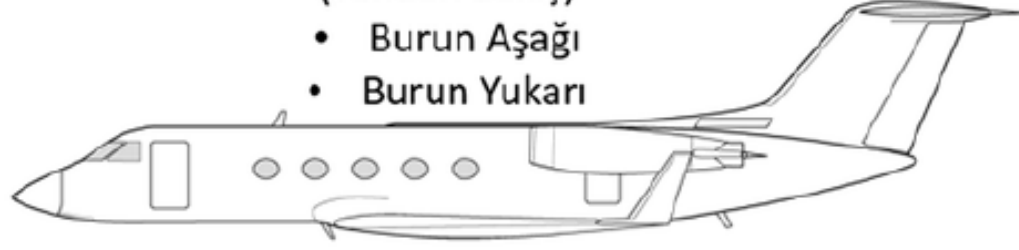
**Doğrusal Kararlılık
(Tepeden Bakış)**

- Sağa Sapma
- Sola Sapma



**Uzunlamasına Kararlılık
(Yandan Bakış)**

- Burun Aşağı
- Burun Yukarı

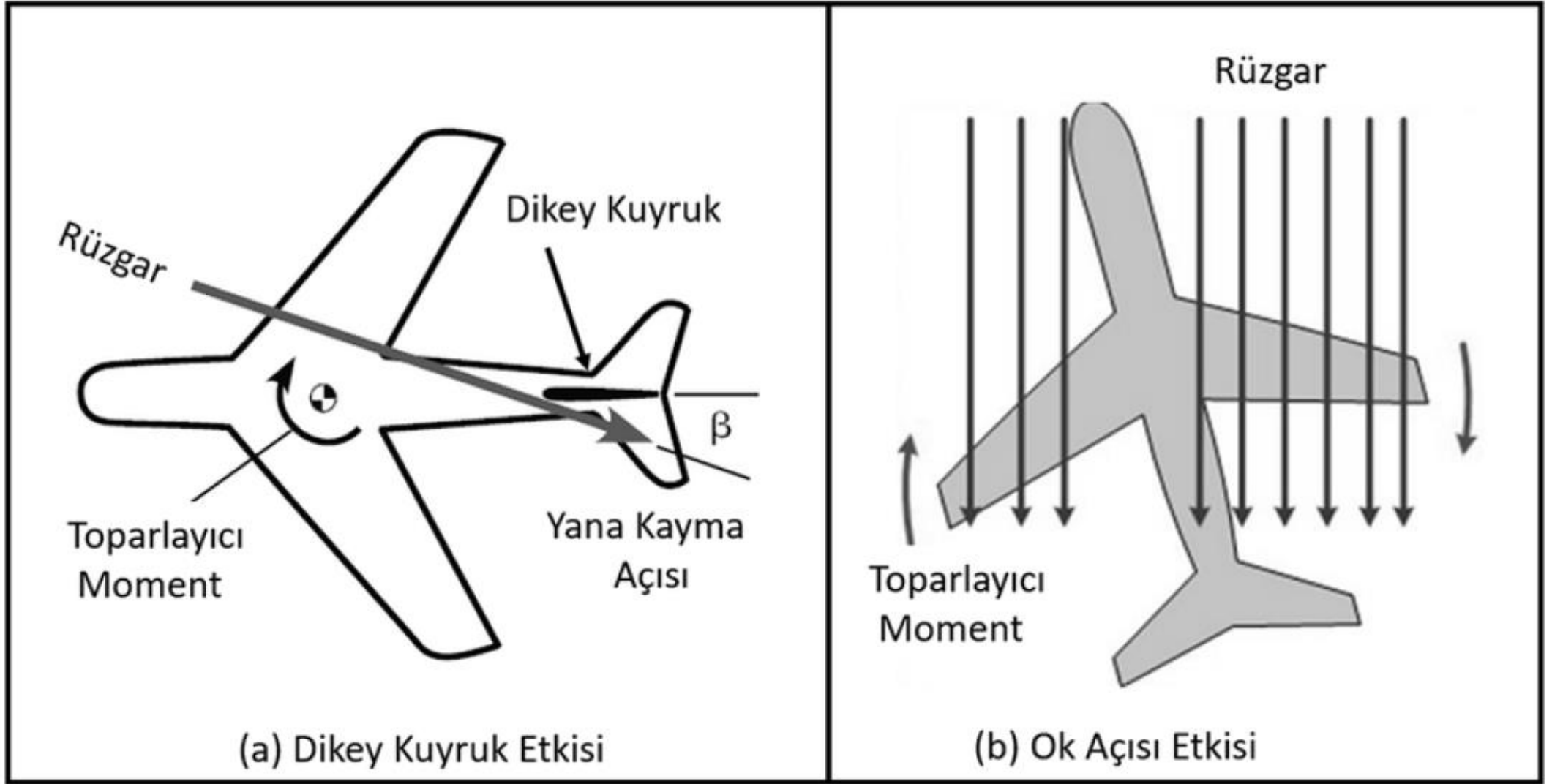


**Yanal Kararlılık
(Önden Bakış)**

- Sağa Yatma
- Sola Yatma



Şekil 7.10. Yan, tepe ve ön görünüm üzerinden uçaklarda kararlılık çeşitleri



Şekil 7.14. Dikey kuyruk ve ok açısının doğrusal kararlılıktaki etkisi

8.Bölüm

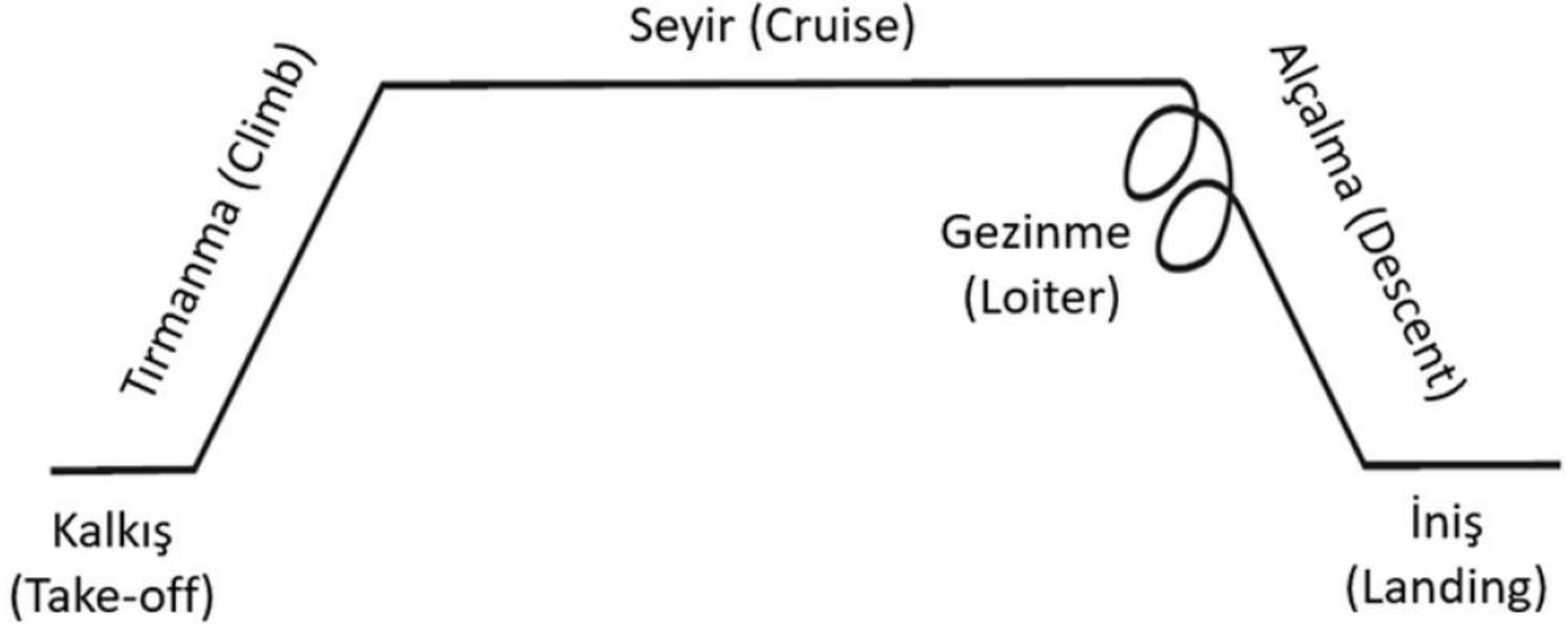
UÇUŞ PERFORMANSI

- 8.1. Giriş
- 8.2. Uçuş Referans Sistemleri
- 8.3. Tasarımsal Performans Parametreleri
- 8.4. Seyir Uçuşu
- 8.5. Üç Temel Performans Parametresi
- 8.6. Pervaneli Uçaklarda ve Jet Motorlu Uçaklarda Güç Eğrileri

- 8.7. Süzülme Performansı
- 8.8. Tırmanma Performansı ve Mutlak Tavan
- 8.9. Uçuş Menzili ve Dayanım Hesapları
- 8.10. İniş ve Kalkış Performansları
- 8.11. Manevra (Dönüş) Performansı
- 8.12. Hız-Yük Faktörü (V-n) Diyagramı

8.1. Giriş

Uçuş performansı; tasarlanan uçağın stol hızı, maksimum hızı, seyir hızı, tırmanma ile alçalma açıları ve hızları, uçağın çıkabileceği maksimum irtifa, süzülme açısı ve hızı, uçağın havada kalma süresi, uçağın menzili, iniş, kalkış ve manevra gibi uçuş parametrelerini inceleyen havacılık disiplini.

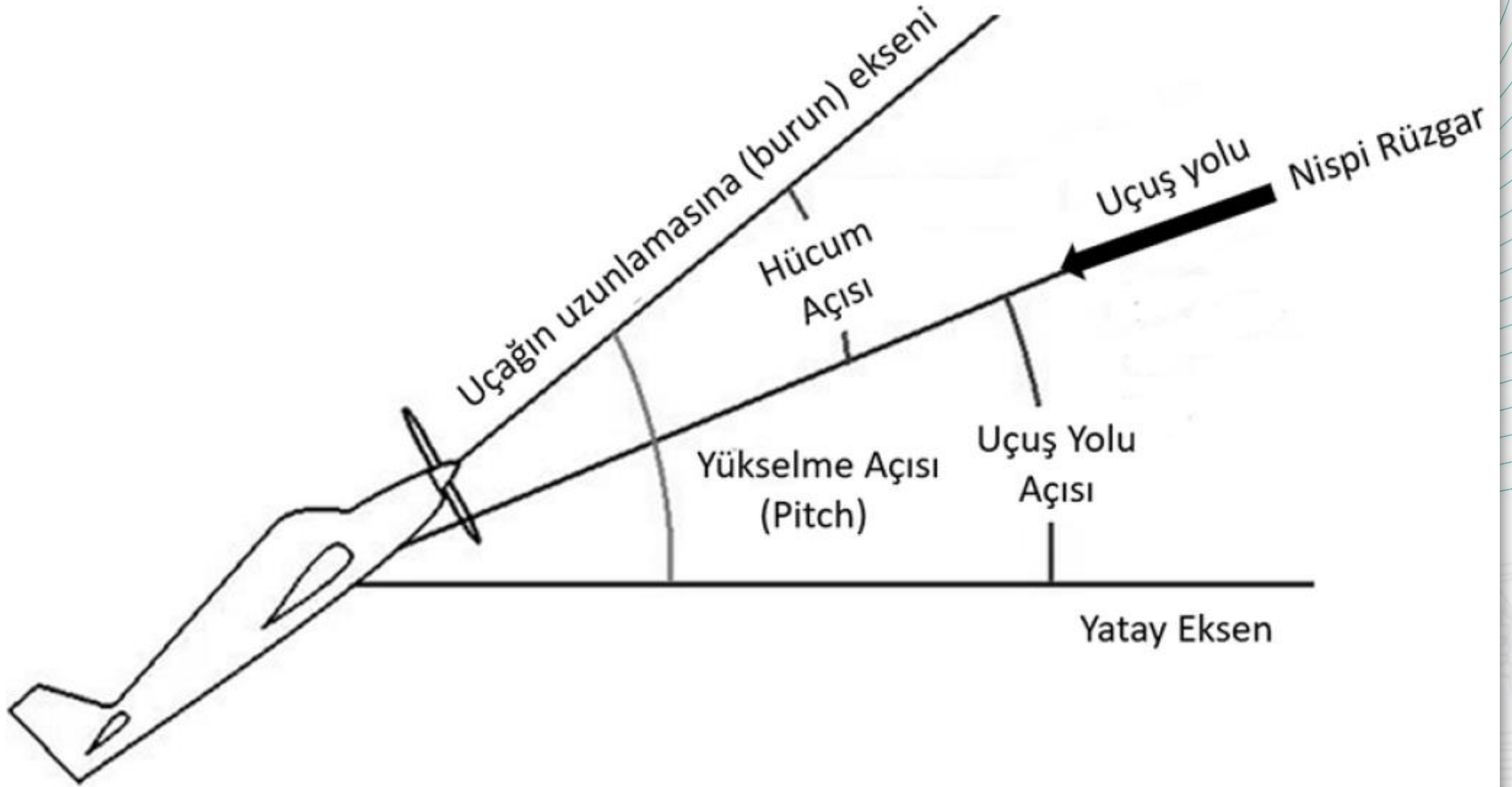


Şekil 8.1. Uçuşun safhaları

8.2. Uçuş Referans Sistemleri

Hareket hâlindeki bir uçağın gövde referans sistemi, hava referans sistemi ve yer referans sistemi olmak üzere; üç temel referans sistemi vardır.

Uçağın burun ucundan geçen ve uzunlamasına eksen hattı boyunca devam eden referans sistemi, gövde (body) referans sistemidir.



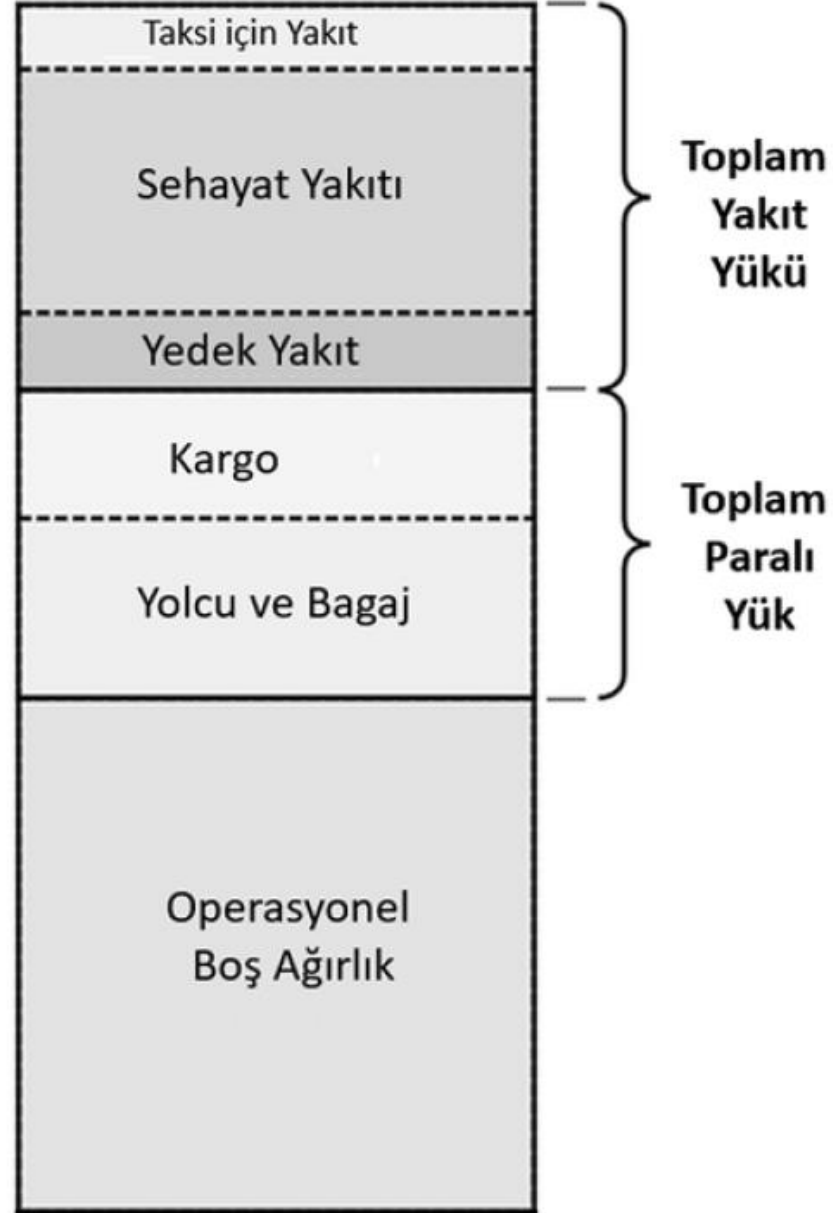
Şekil 8.2. Uçuş referans sistemleri

8.3. Tasarımsal Performans Parametreleri

Bir uçağın konsept tasarımında kullanılan performans parametreleri, tasarımsal performans parametreleridir.

Uçağın ağırlık bileşenleri, stol hızı, taşıma/sürükleme oranı, kanat yüklemesi ve itki yüklemesi başlıca tasarımsal performans parametreleridir.

- 8.3.1. Uçağın Ağırlık Bileşenleri
- 8.3.2. Stol Hızı
- 8.3.3. Taşıma/Sürükleme (L/D) Oranı
- 8.3.4. Kanat Yüklemesi
- 8.3.5. İtki Yüklemesi

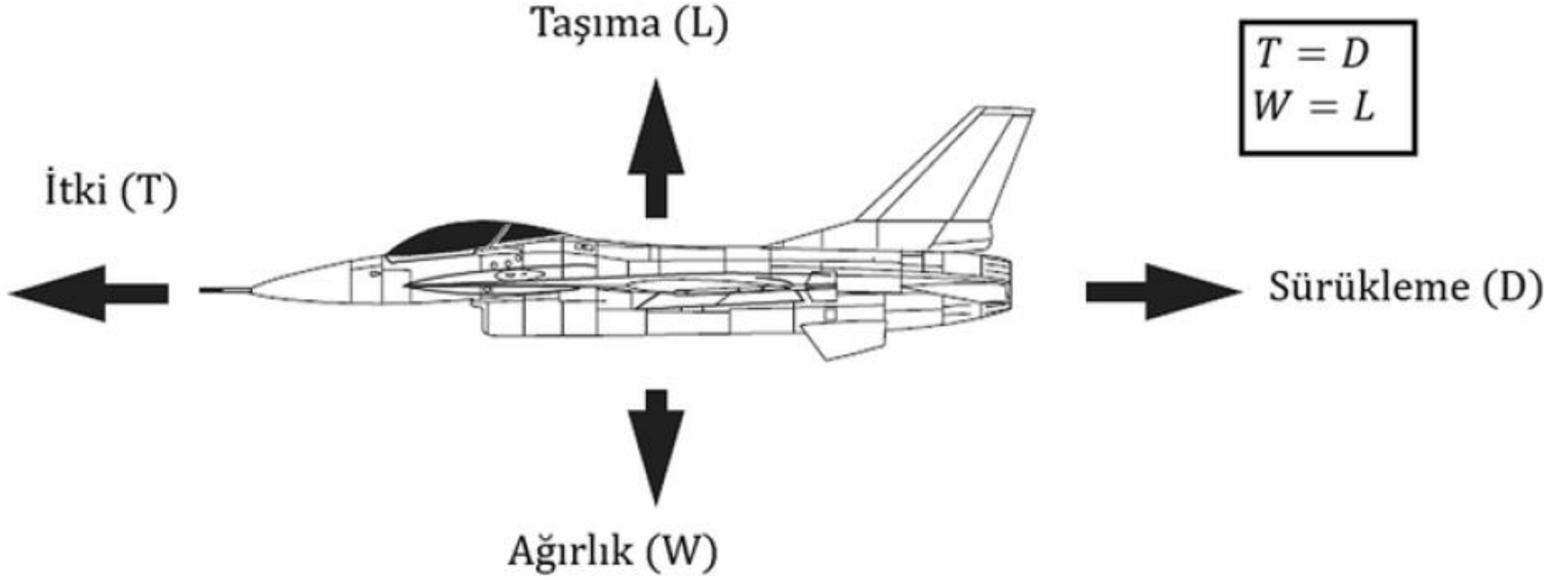


Şekil 8.3. Uçağın ağırlık bileşenleri

8.4. Seyir Uçuşu

Seyir (cruise) uçuşu veya düz uçuş uçakların en fazla uçtukları ve kaza oranlarının en düşük olduğu uçuş safhasıdır.

Performans hesaplarının çoğu; kolaylık olsun diye, hep seyir safhasında ele alınır.



Şekil 8.4. Sabit hızlı seyir uçuşu için kuvvet dengeleri

8.5. Üç Temel Performans Parametresi

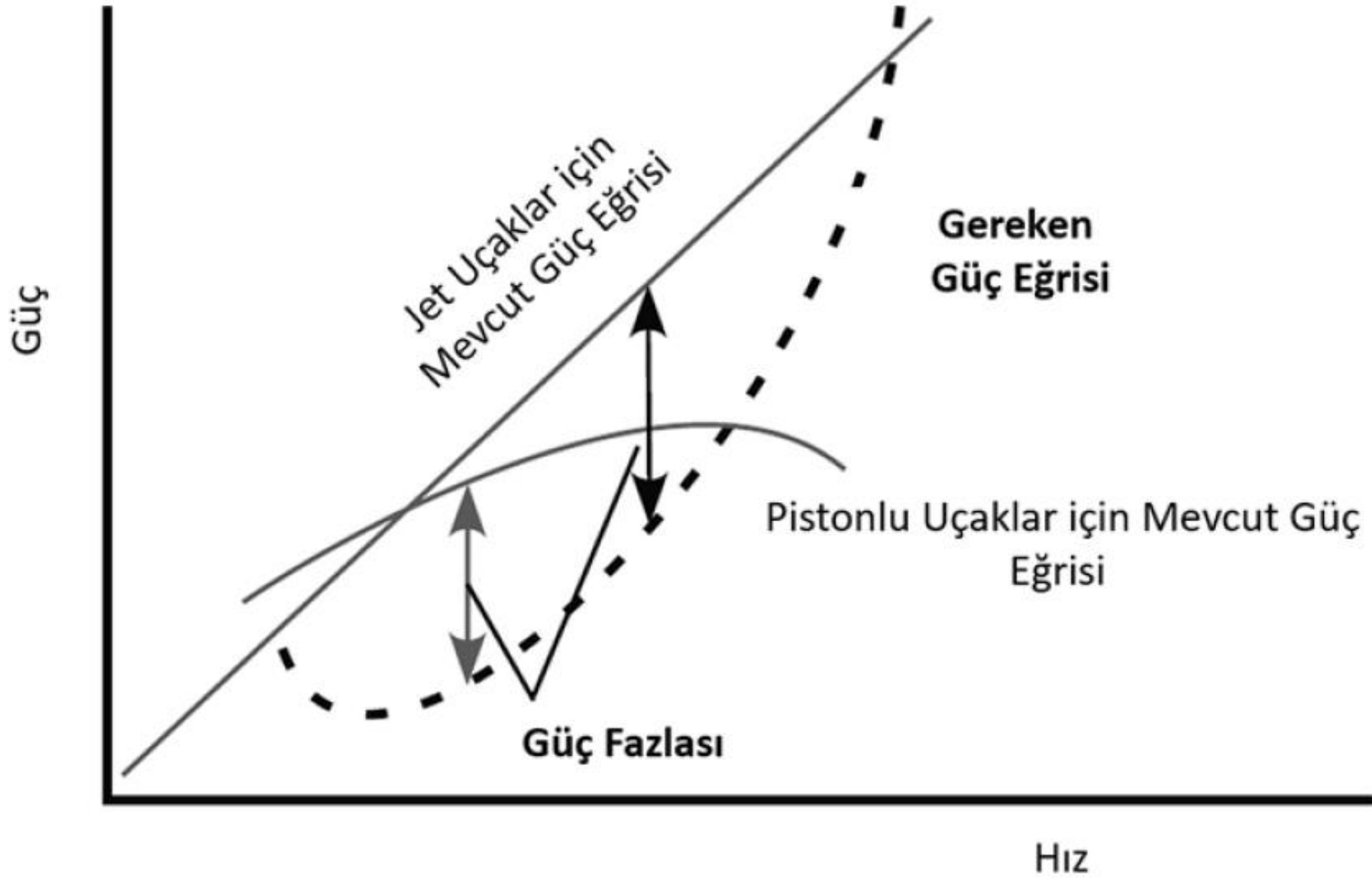
Uçuş hesaplamaları yapılırken teorik hesaplar 3 temel performans parametreleri üzerinden yapılır.

- 8.5.1. Minimum Sürüklenme Performansı
- 8.5.2. Minimum Güç Performansı
- 8.5.3. Minimum Sürüklenme/Hız Performansı

8.6. Pervaneli Uçaklarda ve Jet Motorlu Uçaklarda Güç Eğrileri

Piston uçaklar ve jet uçakların hıza bağlı olarak oluşan güç eğrileri değişkendir.

Pervaneli motorlarda motorun ürettiği güç ile hava yoğunluğu arasında bir orantı vardır; yani pervaneli uçaklar yüksek irtifalarda güç üretimleri düştüğünden verimsizleşirler.

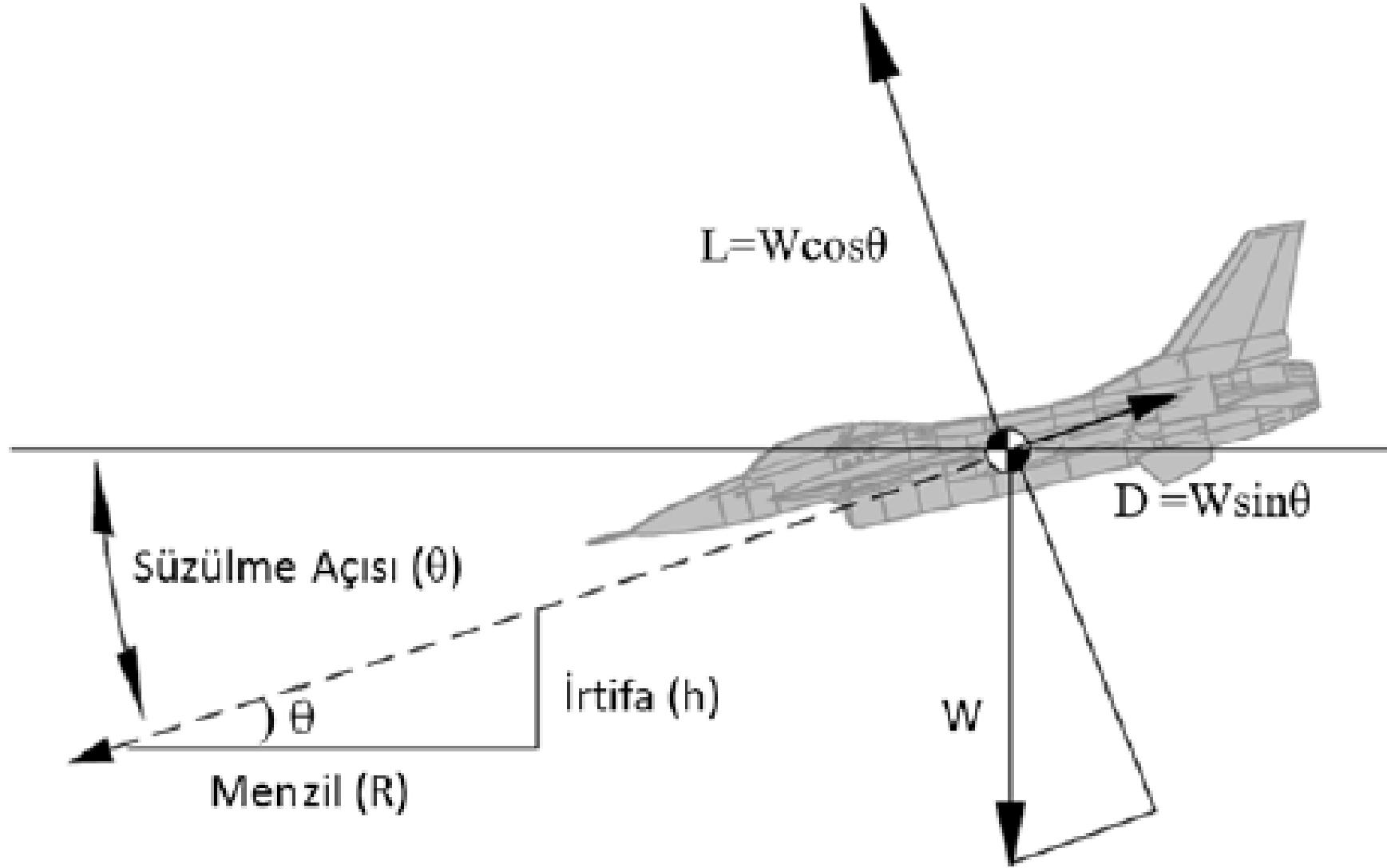


Şekil 8.5. Pervaneli uçaklarda ve jet motorlu uçaklarda güç eğrileri

8.7. Süzülme Performansı

Süzülme performansı; planör gibi motorsuz uçaklar için ve motorlu uçakların olası motor arızaları (alev sönmesi, kuş sürüsüyle karşılaşma vb.) durumunda, uçakların asgari zararlarla yere indirilmesini sağlayan performans hesaplamalarından oluşur.

- 8.7.1. Maksimum Süzülme Oranı
- 8.7.2. Minimum Alçalma Süzülmesi

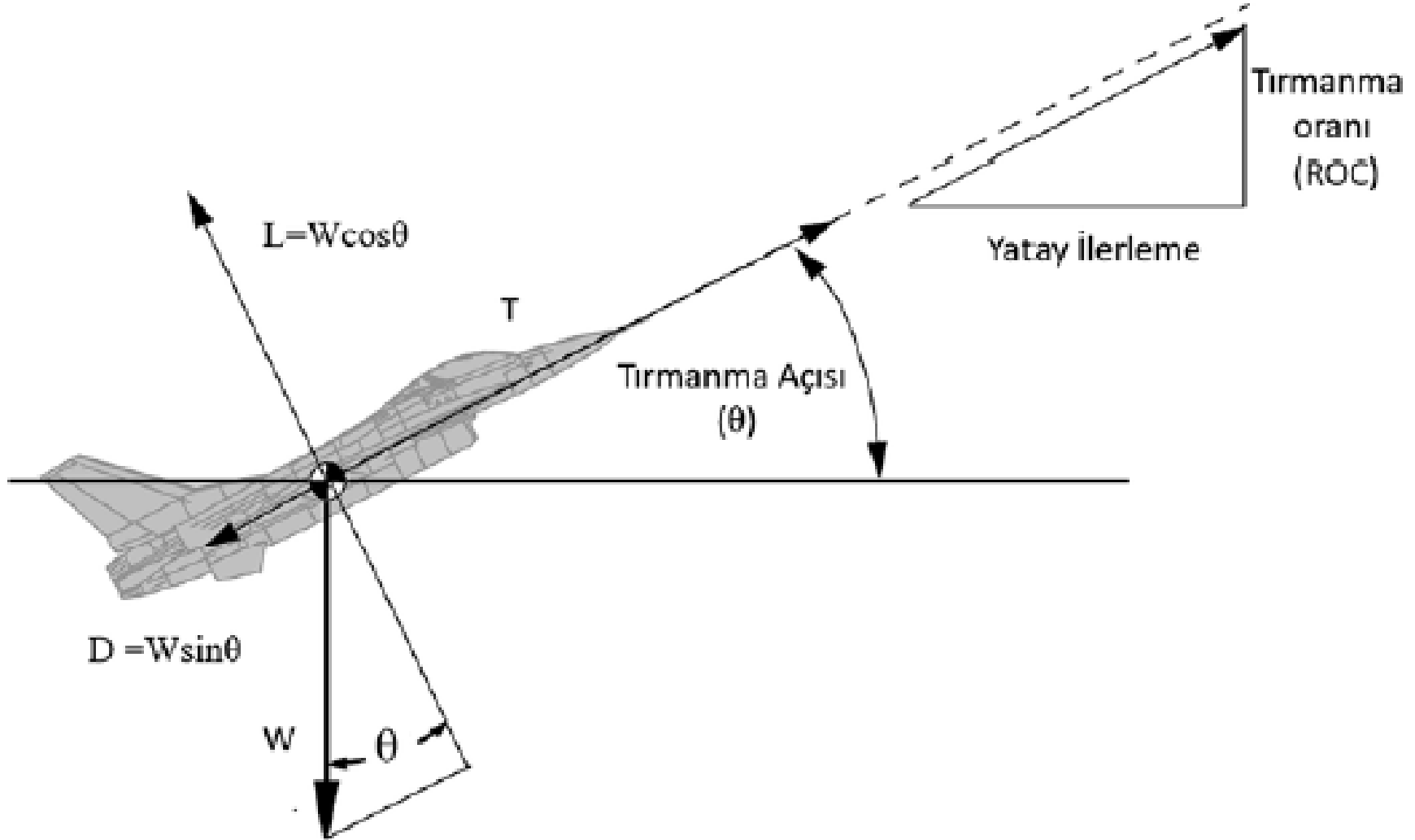


Şekil 8.6. Süzülme performansının gösterimi

8.8. Tırmanma Performansı ve Mutlak Tavan

Tırmanma hesapları, süzülme hesaplarının tersi gibi düşünülebilir fakat süzülmede motora ihtiyaç duyulmadığından itki kuvveti yoktu.

Tırmanma hareketinde motora yani itkiye ihtiyaç duyulur.



Şekil 8.7. Tırmanma performansının gösterimi

8.9. Uçuş Menzili ve Dayanım Hesapları

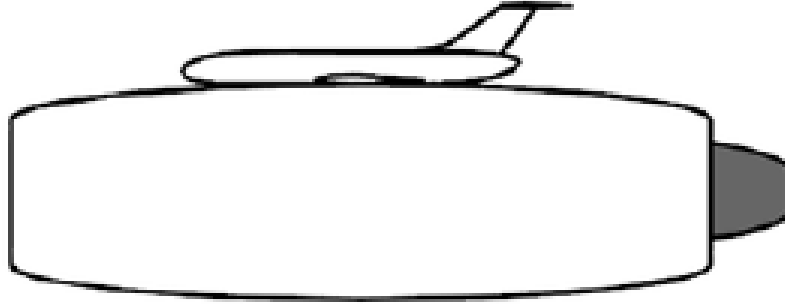
Menzil (range), uçağın yatayda gidebileceği en fazla mesafedir.

Dayanım (endurance), uçakların havada kalma ya da tutunma süresidir.

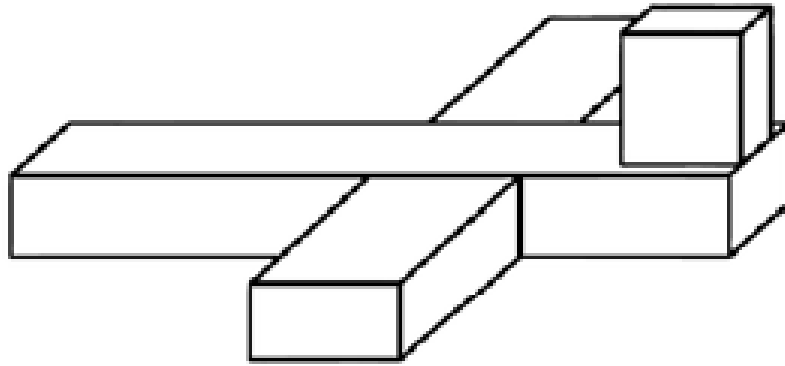
Menzil ve dayanım hesaplarında yakıt önemli bir parametre olduğundan, öncelikle itkiye özgü yakıt sarfiyatı kavramına değinilecektir.



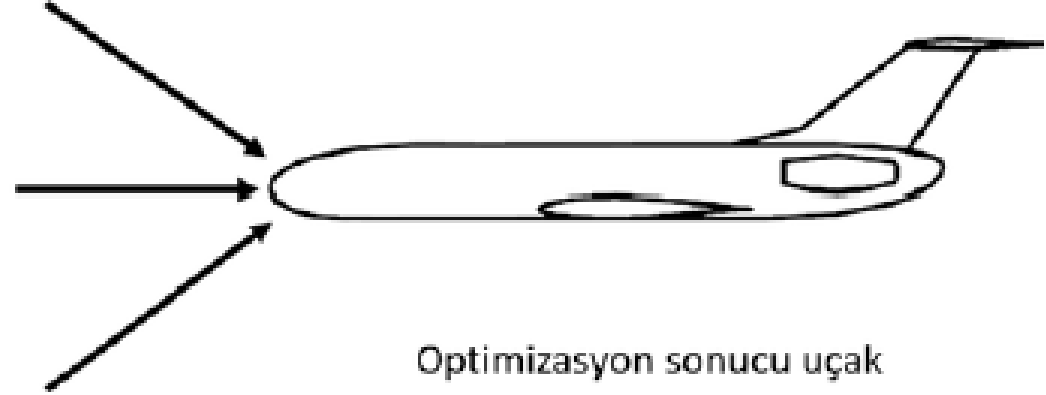
Aerodinamikçi gözüyle uçak



Güç sistemci gözüyle uçak



İmalatçı gözüyle uçak



Optimizasyon sonucu uçak

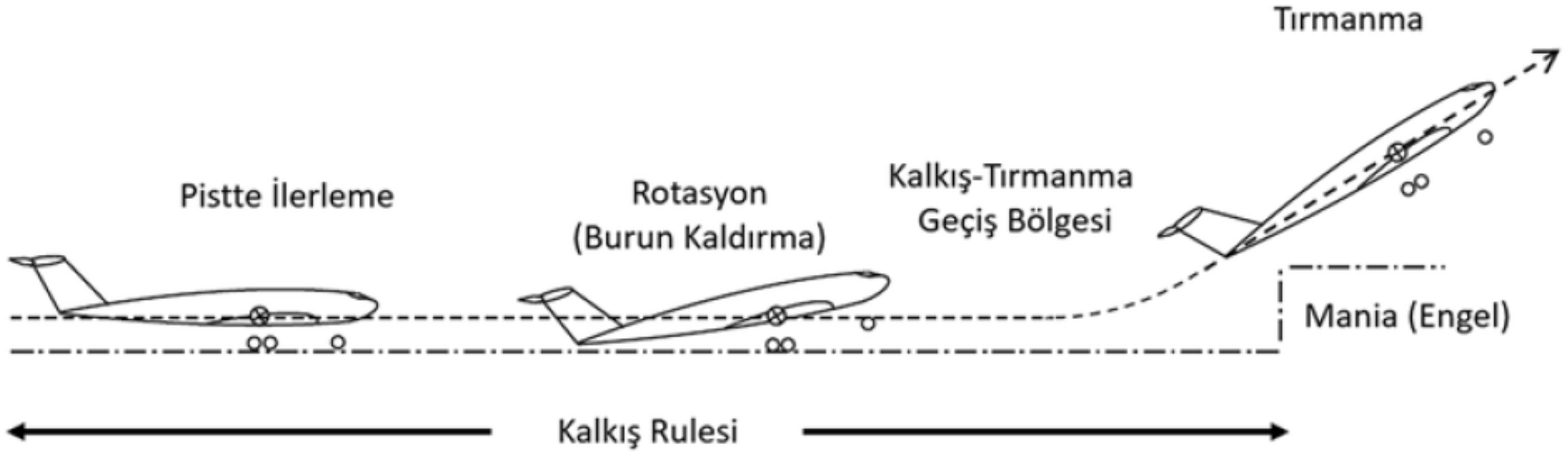
Şekil 8.8. Farklı disiplinlerde ideal uçak tasavvuru ve en-iyilemiş uçak

8.10. İniş ve Kalkış Performansları

İniş ve kalkışlar, uçakların en fazla kaza/kırım yaşadığı uçuş safhalarıdır.

Şekil 8.9’da kalkışın aşamaları ile ilgili bir görsel sunulmuştur.

İnişte de benzer bir senaryo ile uçak yaklaşma hareketini gerçekleştirip iniş yapar.

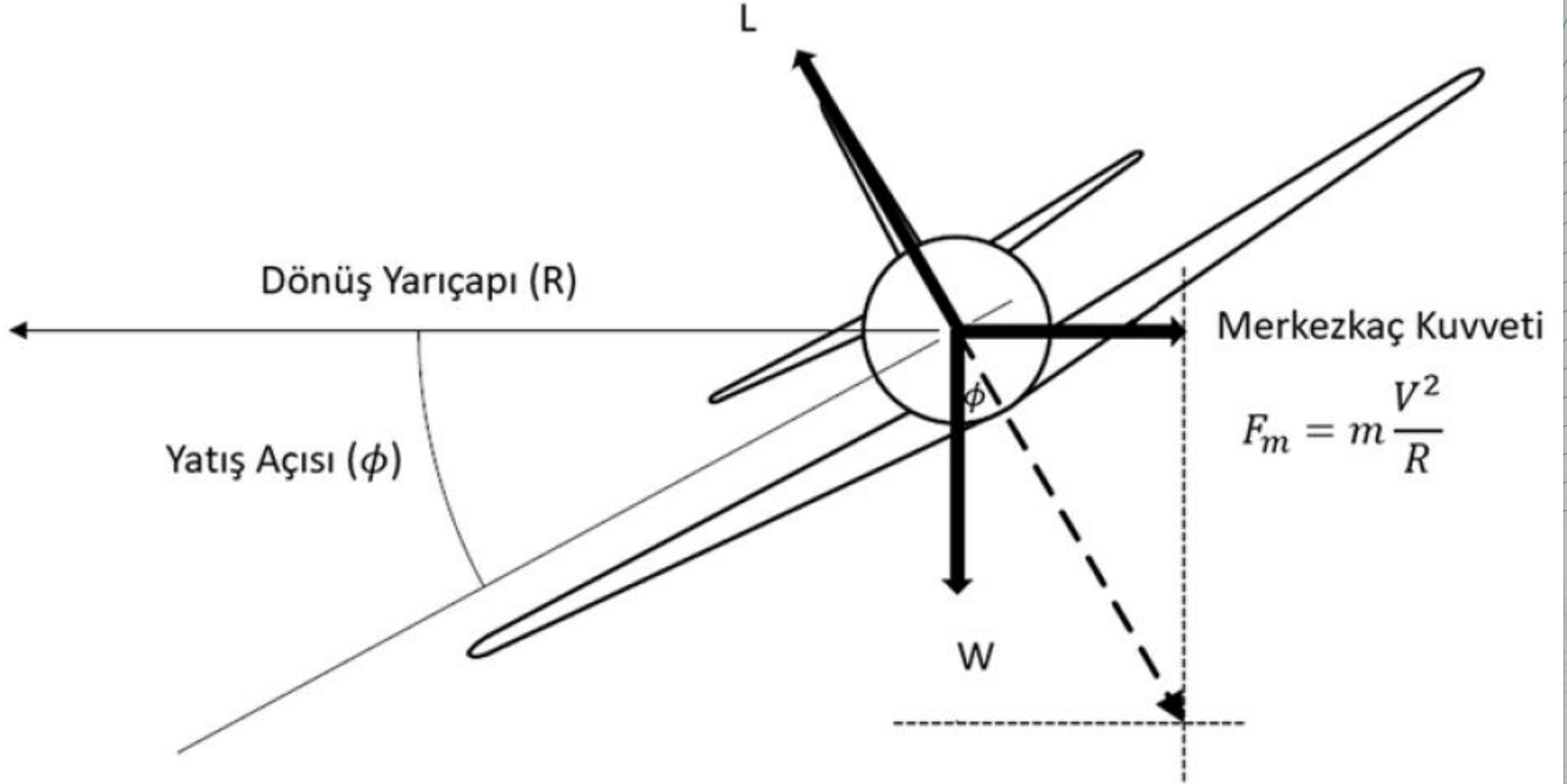


Şekil 8.9. Kalkışın aşamaları

8.11. Manevra (Dönüş) Performansı

Manevra ya da dönüş performansı, uçağın bir noktayı referans alarak manevra yapması yani yatış-dönüş yapmasıdır.

Şekil 8.11’de, dönüş (manevra) performansı ile ilgili bir görsel verilmiştir.



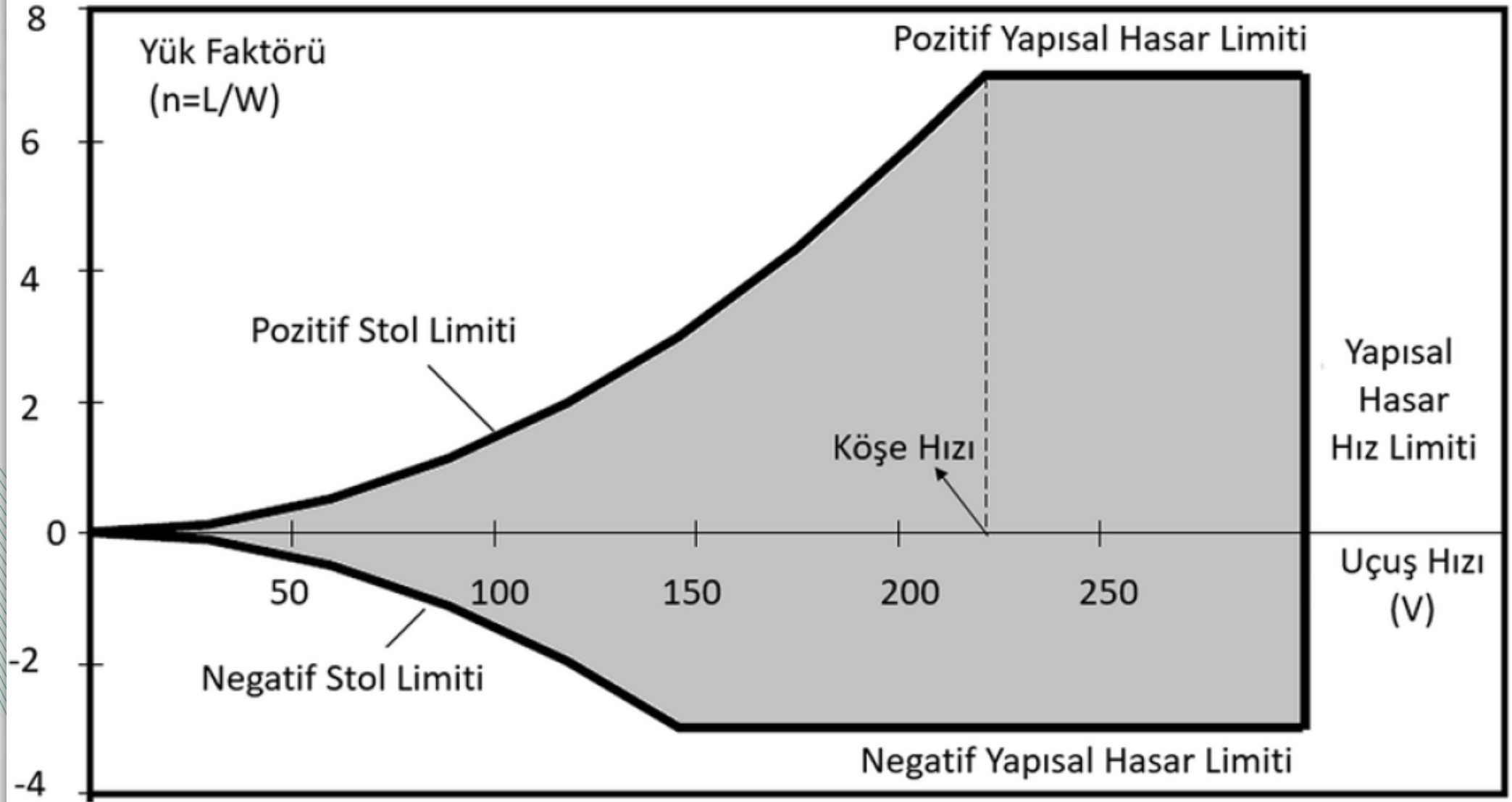
Şekil 8.11. Dönüş (manevra) performansı

8.12. Hız-Yük Faktörü (V-n) Diyagramı

Hız-yük faktörü (V-n) diyagramı, uçuş zarfı (flight envelope) olarak da bilinir.

Uçağın hem yapısal hasar limitleri hem de aerodinamik limitleri (stol hızı, köşe hızı) hız-yük faktörü diyagramından bulunur.

- 8.9.1. İtkiye Özgü Yakıt Sarfiyatı
- 8.9.2. Brequet Menzili
- 8.9.3. Dayanım (Endurance)



Şekil 8.13. Hız-yük faktörü (V-n) diyagramı

9.Bölüm

DÖNER KANATLI HAVA ARAÇLARI VE PERVANE TEORİSİ

- 9.1. Giriş
- 9.2. Helikopterler
- 9.3. Döner Kanatlarda Aerodinamik Kuvvetler
- 9.4. Rotor Bağlantıları
- 9.5. Helikopterin Kontrolü
- 9.6. Pervane Teorisi

➤ 9.7. Pervane İlerleme Oranı ve Pervane Verimliliği

➤ 9.8. Dronlar

9.1. Giriş

Döner kanatlı hava araçlarında, taşıma kuvveti üreten sabit kanatlar yoktur.

Döner kanatlı hava araçlarında, sabit kanatların yerine 360 derece dönen pervanenin (rotorun) yarattığı etki ile oluşan taşıma ve itki sayesinde hareket oluşur.

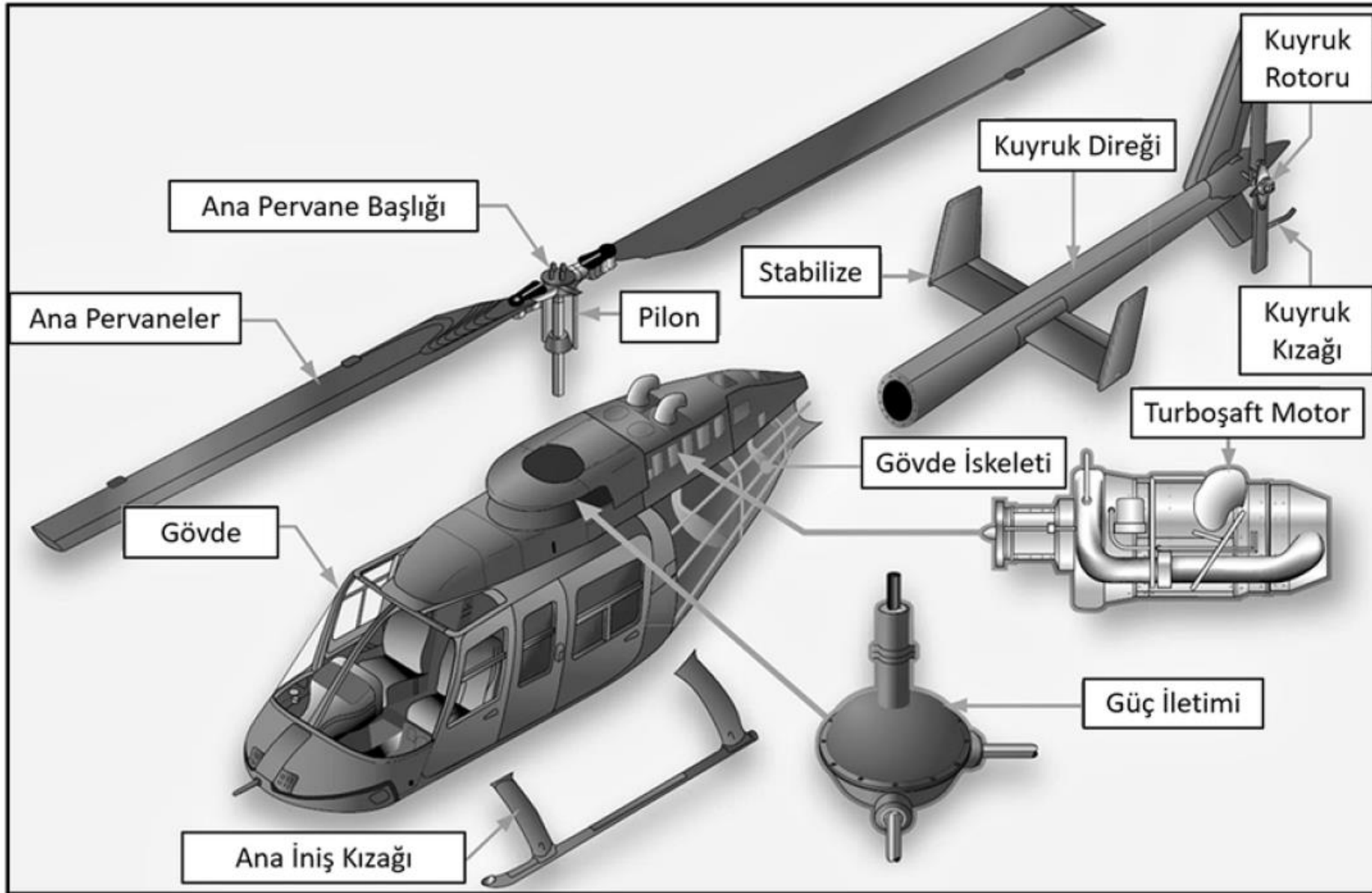
9.2. Helikopterler

9.2.1. Helikopterin Anatomisi

Helikopterlerde, turboşaft tip motorlar kullanılır.

Turboşaft motordan gelen mekanik güç, güç iletimi (transmisyon) sağlayan bir dişli kutusu yardımıyla pervaneyi çeviren şafta aktarılır.

- 9.2.1. Helikopterin Anatomisi
- 9.2.2. Pervane Kombinasyonları
- 9.2.3. Kuyruk Pervanesi ve Antitork Etkisi



Şekil 9.1. Helikopterin bileşenleri

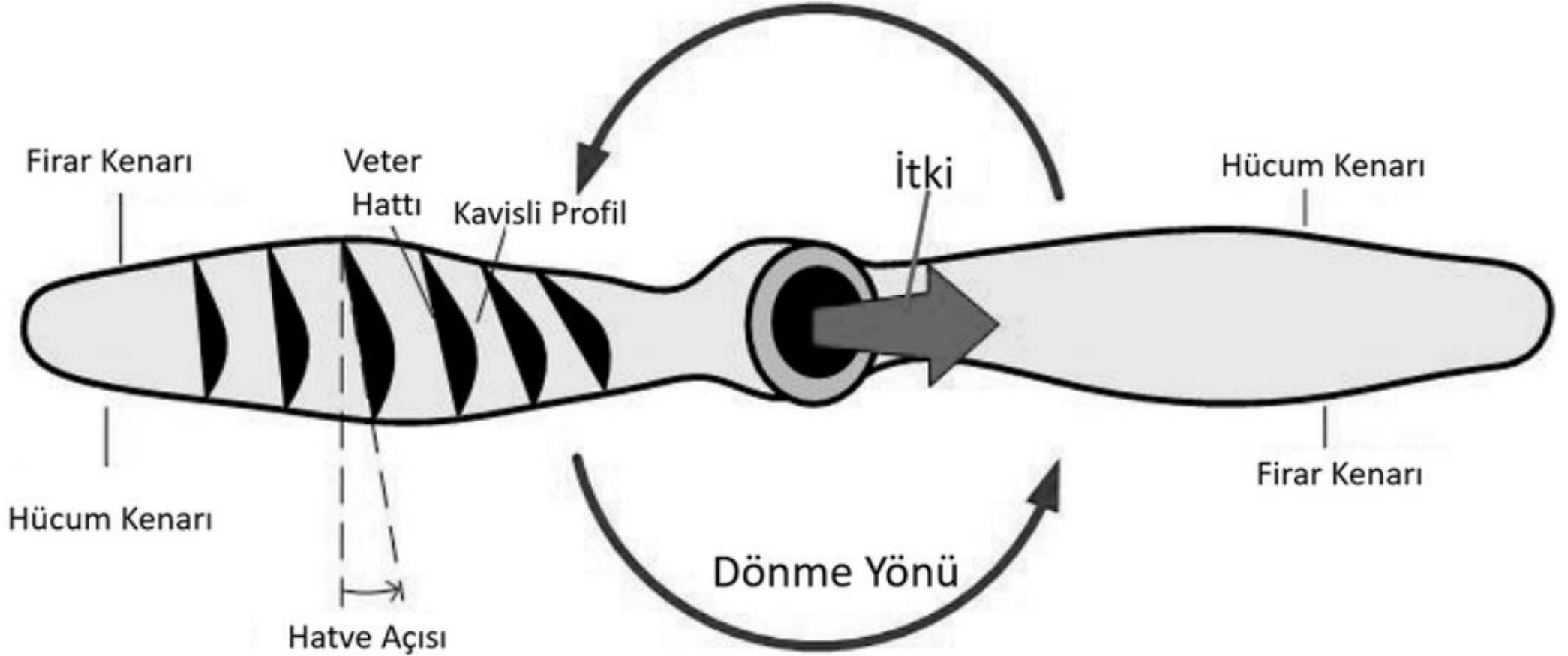
9.3. Döner Kanatlarda Aerodinamik Kuvvetler

9.3.1. Pervane ve Kanat Profili İlişkisi

Pervaneler, ortada bulunan başlık etrafında eşit açısal aralıklarla yerleştirilmiş peşi sıra dizili kanat profillerinden oluşur.

Pervaneler, iki veya daha fazla palin bir başlığa montajından meydana gelir.

- 9.3.1. Pervane ve Kanat Profili İlişkisi
- 9.3.2. Helikopterlerde Dikey Yönlü ve İleri Yönlü Hareket

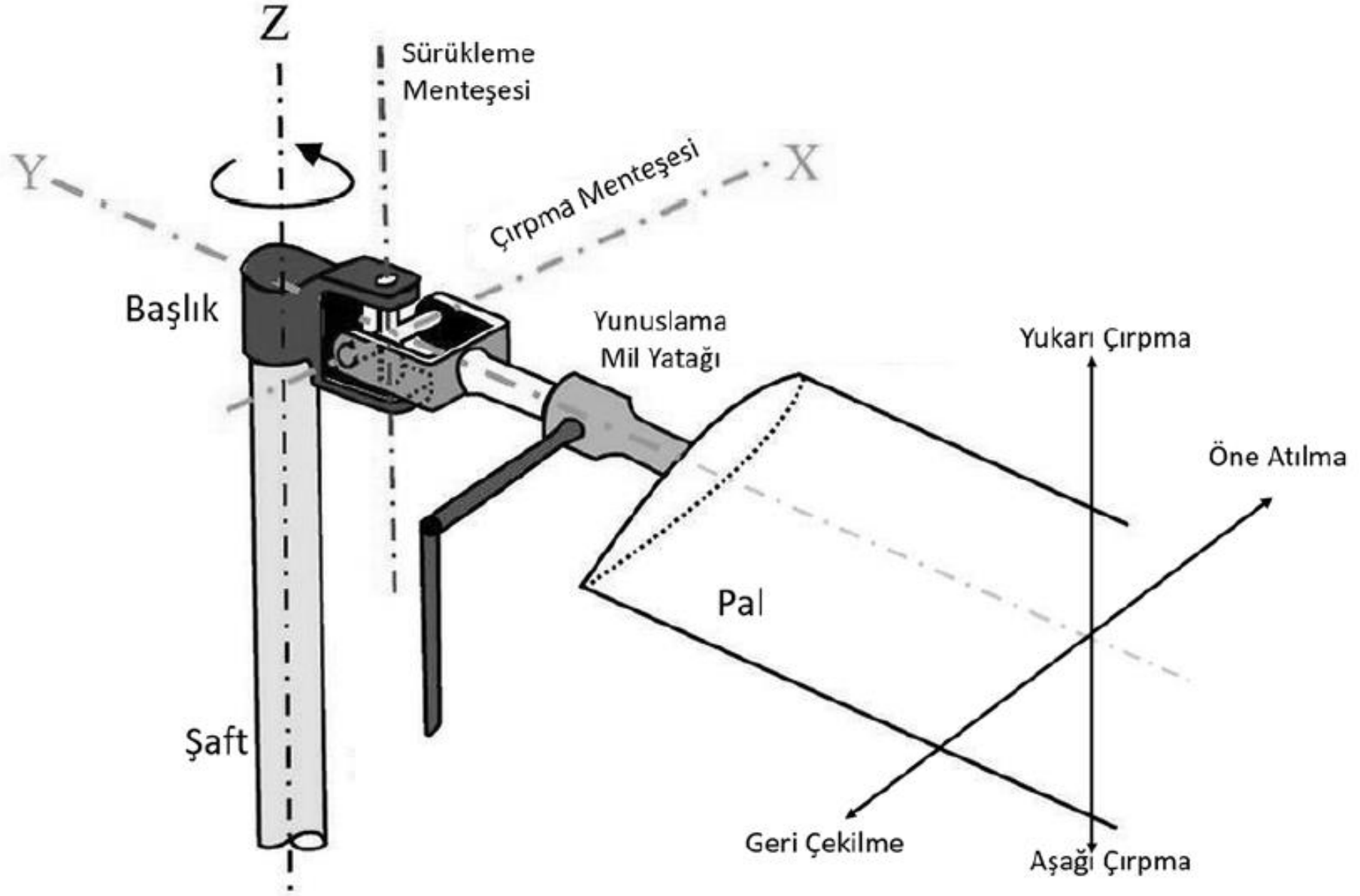


Şekil 9.4. Pervanelerde kanat kesitlerinin ve itki yönünün gösterimi

9.4. Rotor Bağlantıları

Helikopterde hareketi sağlayan ve motordan gelen gücü aktaran şaftın üzerinde; dönen ve dönmeyen disk plakaları (swash plate), kontrolü sağlayan mafsallar ve pervane başlığı (hub) vardır.

Şekil 9.8’de rotor mafsallarının gösterimi yapılmıştır.

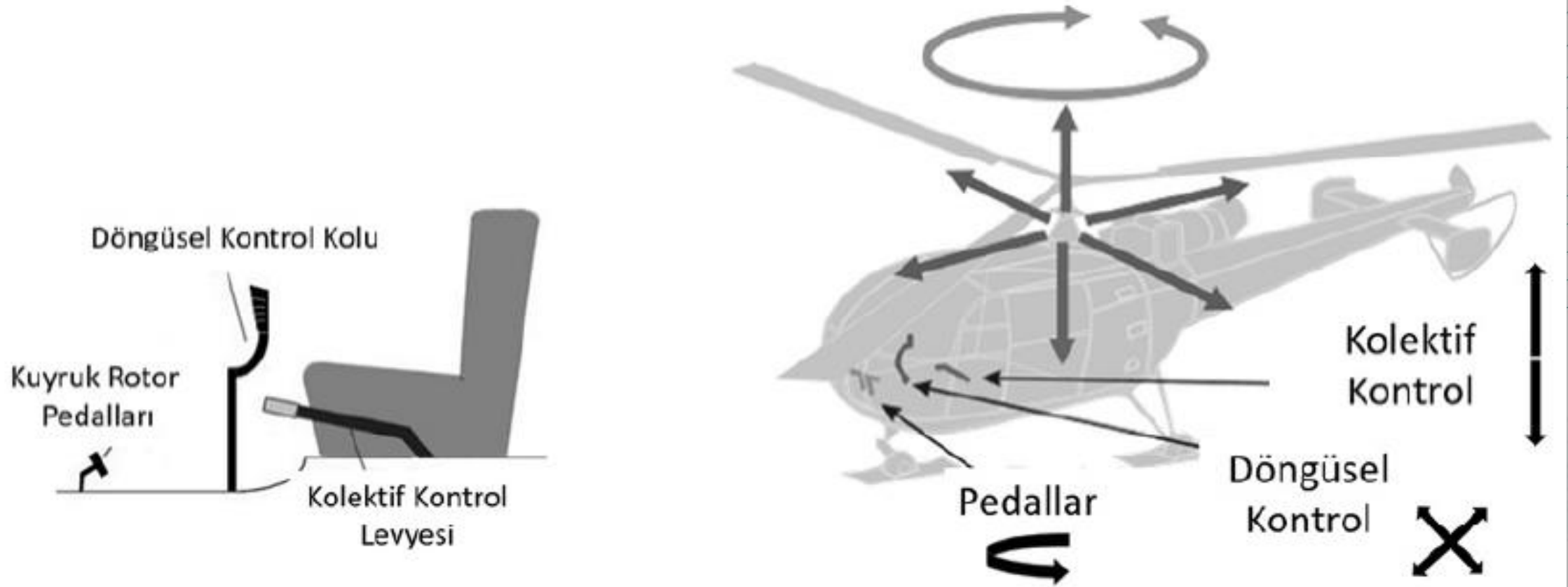


Şekil 9.8. Rotor bağlantılarının gösterimi

9.5. Helikopterin Kontrolü

Helikopterlerde pal kontrolünden sonra, helikopterin kararlı uçuşmasını ve hareketini sağlayan kontrol kumandalarını inceleyelim.

Şekil 9.10'da helikopterin kumandası ve bu kumandaların etki yönleri gösterilmektedir.



Şekil 9.10. Helikopterin kumandaları ile bu kumandaların etki yönleri

9.6. Pervane Teorisi

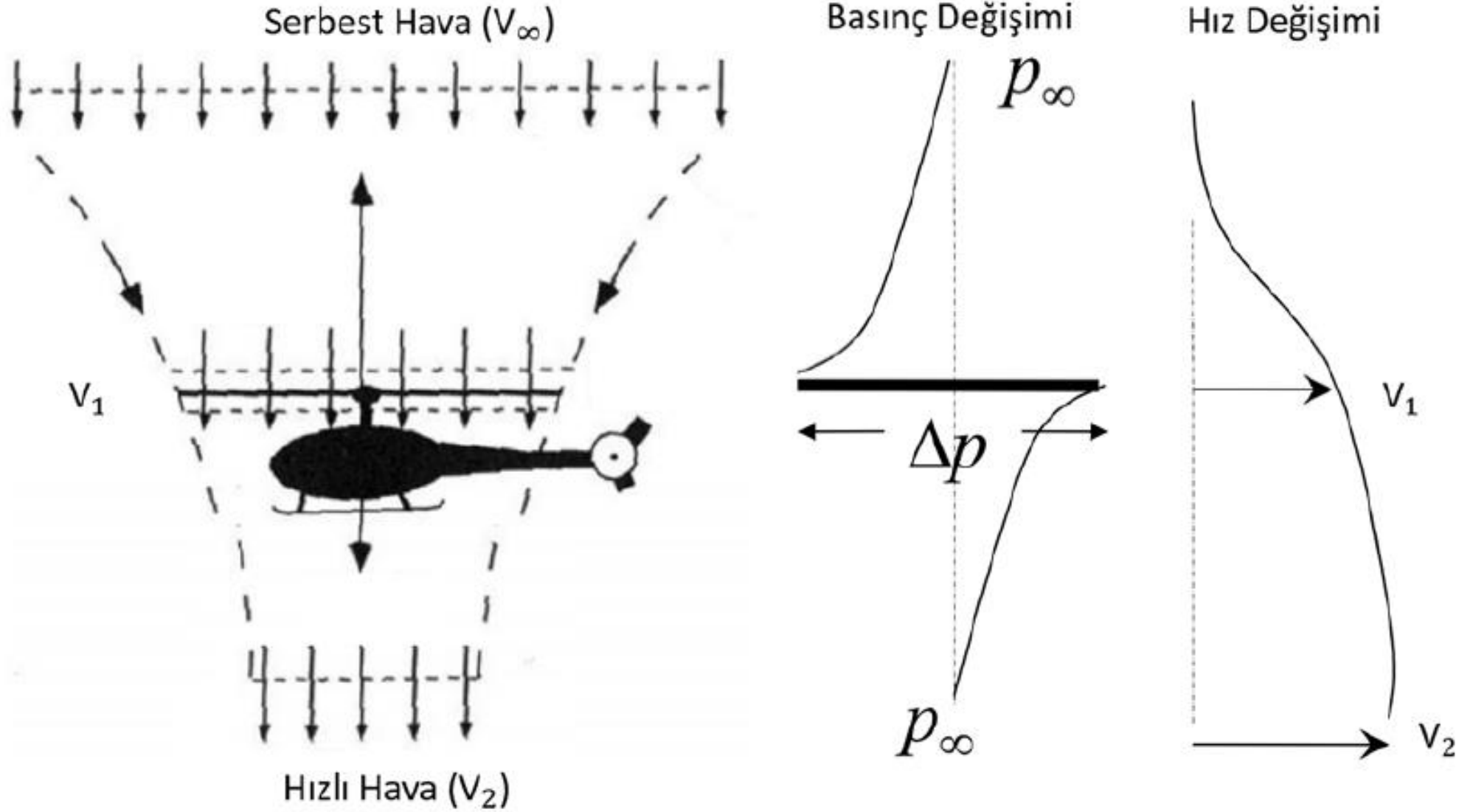
Döner kanatların aerodinamiğini açıklayan üç teori vardır.

İlki, momentum teorisi olarak da bilinen disk teorisidir.

İkinci teori, pal elemanı teorisidir.

Üçüncü teori ise, ilk iki teorinin birlikte uygulamasını öneren pal elemanı momentum teorisidir.

- 9.6.1. Disk (Momentum) Teorisi
- 9.6.2. Pal Elemanı Teorisi



Şekil 9.11. Disk teorisinde basınç ve hız profillerinin değişimi

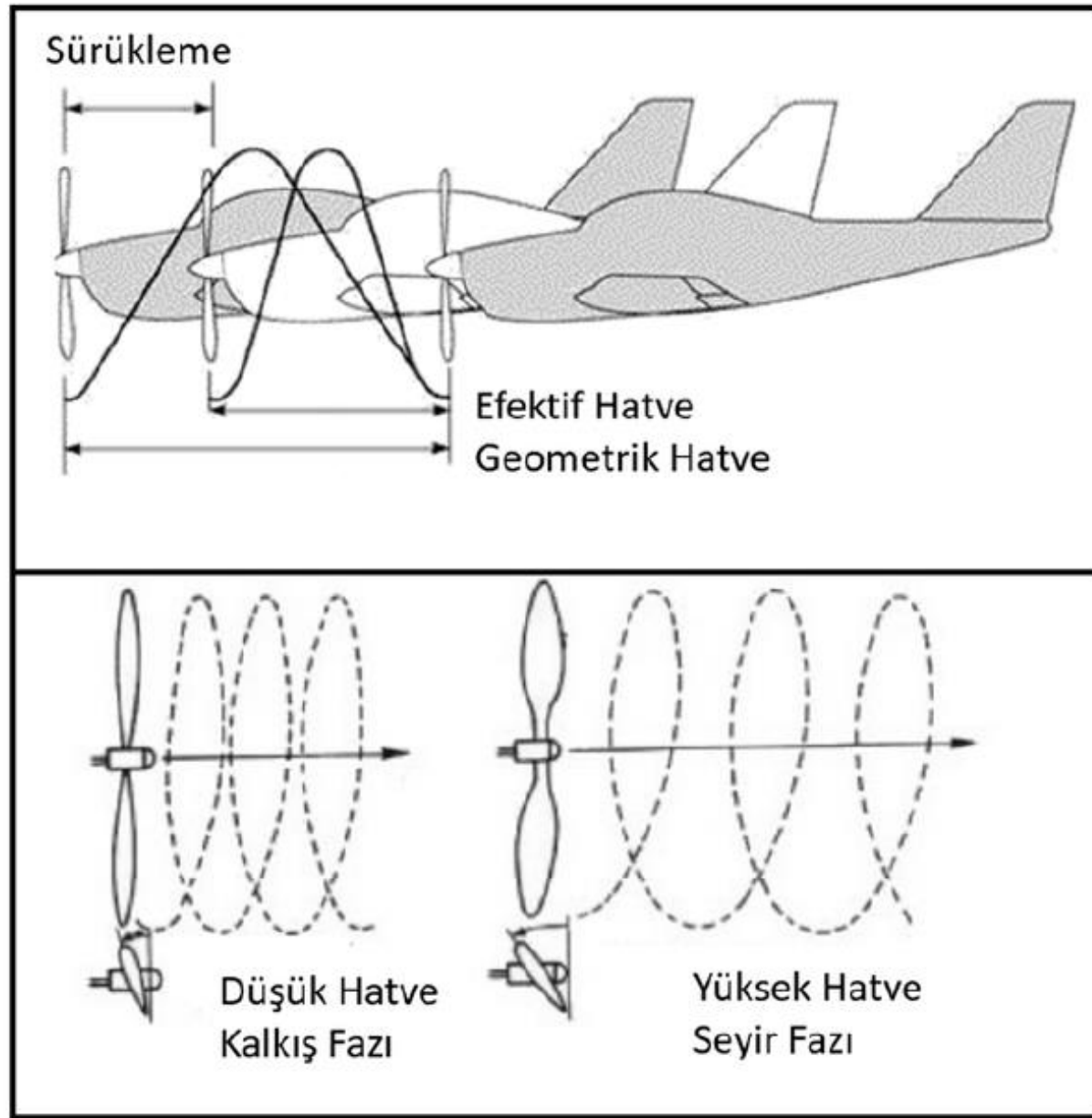
9.7. Pervane İlerleme Oranı ve Pervane Verimliliği

9.7.1. Efektif ve Geometrik Hatve

Geometrik hatve, pervanenin geri sürüklenmesi dikkate alınmadığında, pervanenin tam bir devrinde yol aldığı en fazla mesafedir.

Efektif hatve, pervanenin geri sürüklenmesi dikkate alınarak pervanenin bir dönüşte (devirde) aldığı gerçek mesafedir.

- 9.7.1. Efektif ve Geometrik Hatve
- 9.7.2. Pervane İlerleme Oranı
- 9.7.3. Sabit Hızlı Pervaneler

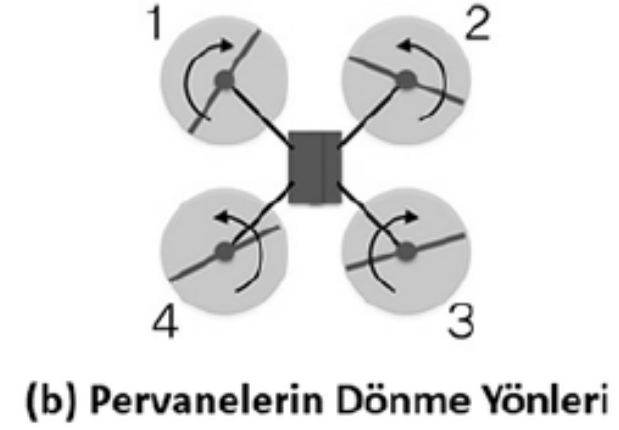
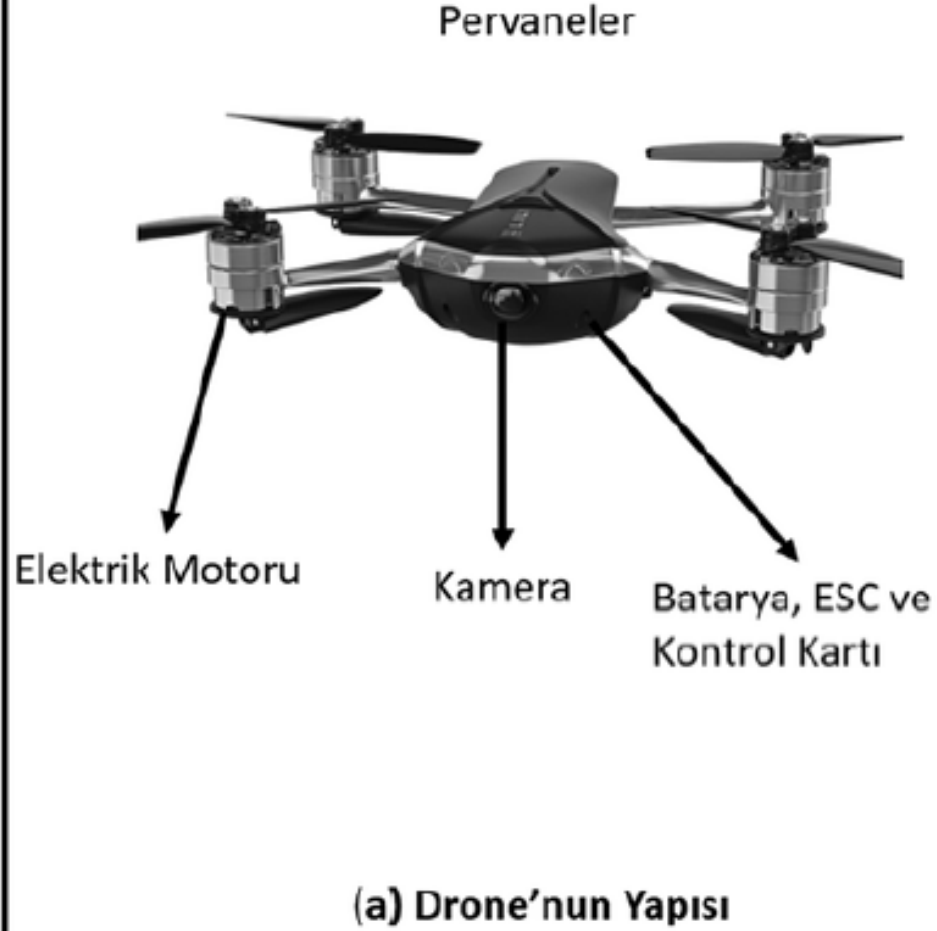


Şekil 9.13. Efektif ve geometrik hatve açıları ile uçuş fazlarındaki hatve açıları

9.8. Dronlar

Dron (drone) denince en yaygın olan model quadrokopter de denilen 4 pervaneli hava araçları akla gelir.

Dronların genel adı multikopter olup, değişken pervane sayısına sahip dronları (trikopter, hekzakopter, oktokopter) tanımlamak için, multikopter ifadesi kullanılır.



Şekil 9.15. Dronların yapısı ve hareket yönü

10.Bölüm

GÜÇ SİSTEMLERİ

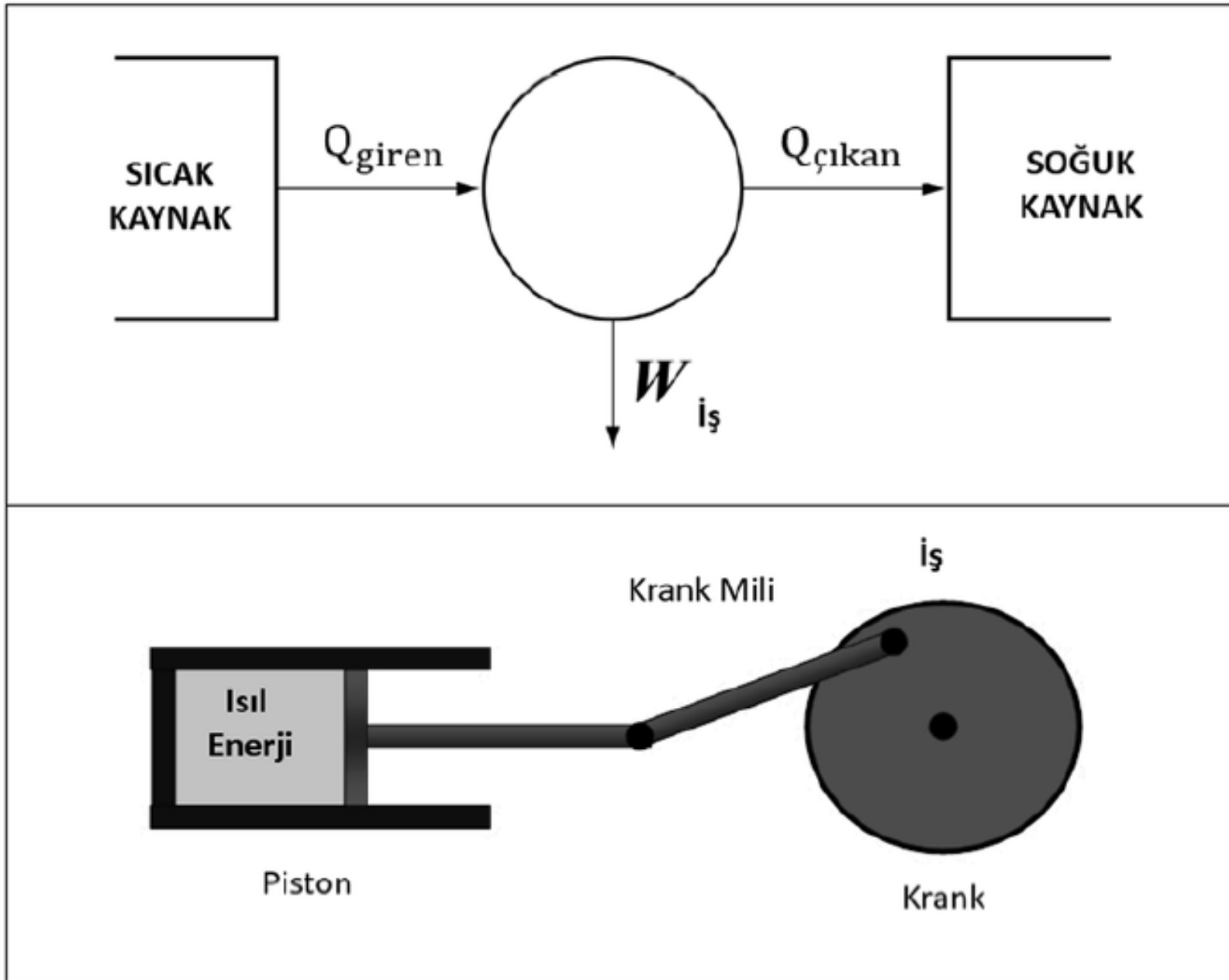
- 10.1. Isıl Enerji ile Mekanik İş Arasındaki İlişki
- 10.2. Motorların Tarihçesi ve Motorların Sınıflandırılması
- 10.3. Pistonlu Motorlar
- 10.4. Gaz Türbinleri
- 10.5. Ramjet, Scramjet ve Pulsejetler
- 10.6. İtke Ters Çeviriciler

- 10.7. Dikey İniş Kalkış (VTOL) Motorları
- 10.8. Yardımcı Güç Ünitesi (APU)
- 10.9. Ram Havası Türbini
- 10.10. Hava Solumayan Motorlar
- 10.11 Motorların Çevresel Etkileri

10.1. Isıl Enerji ile Mekanik İş Arasındaki İlişki

Motorlar; ısı enerjisi, elektrik enerjisi gibi enerji formlarını mekanik enerjiye dönüştürmek için tasarlanmış makinelerdir.

Motorların çalışma prensipleri termodinamik yasalarına tabii olduğundan, bu bölümde öncelikle bu yasalara değinilecektir.

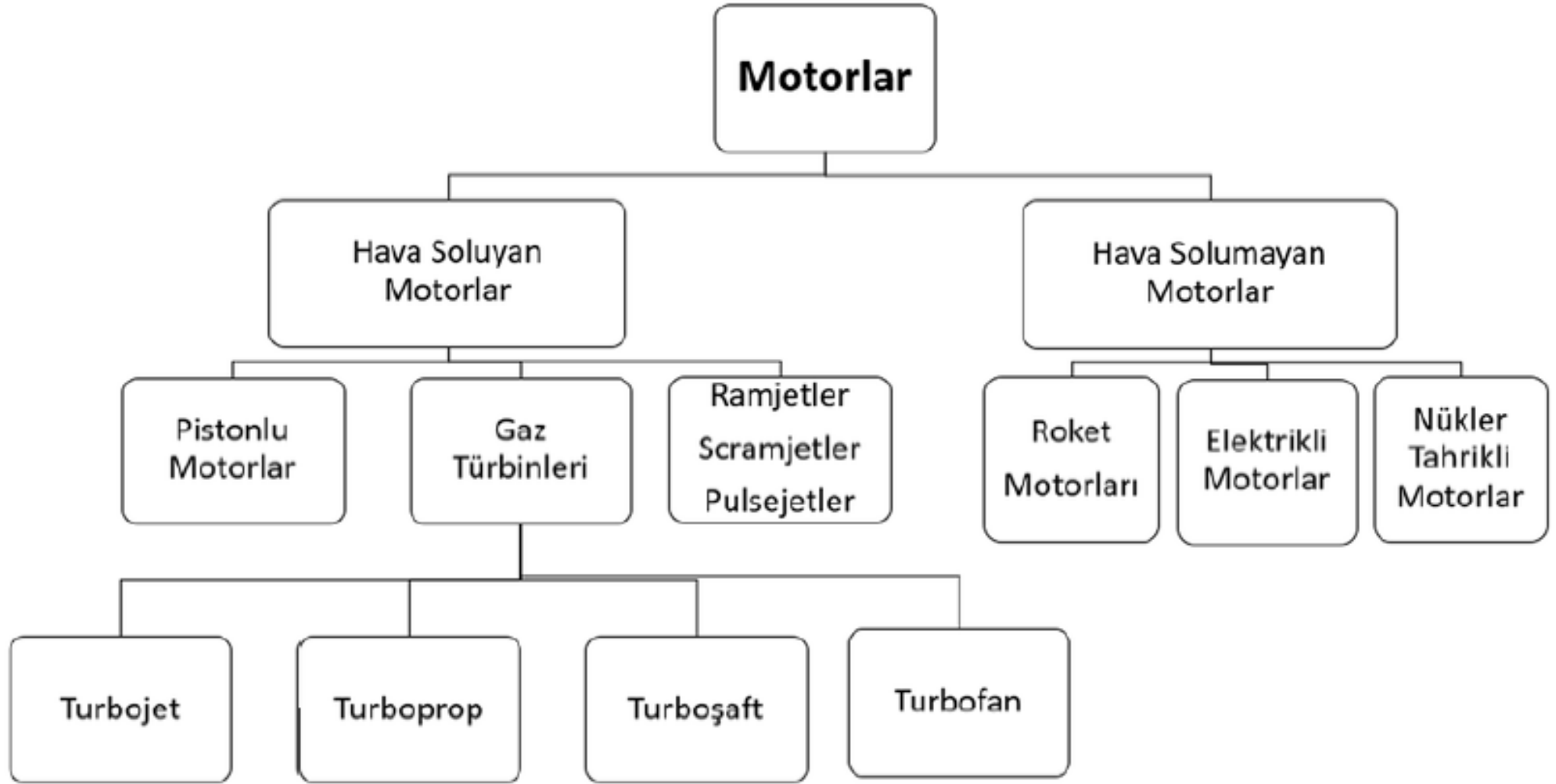


Şekil 10.1. Isı ile iş arasındaki ilişki ve piston-krank düzeneği

10.2. Motorların Tarihçesi ve Motorların Sınıflandırılması

Tarihte bilinen en eski motor taslağı Aeolipile olup, Hero'nun motoru olarak da bilinir.

Aeolipile; merkezinde su bulunan küre şeklinde bir kap ısıtıldığında oluşan buharların bükümlü ince lülelerden tahliye olurken, ortadaki küreyi fıskiye gibi döndürmesi prensibine dayanır.

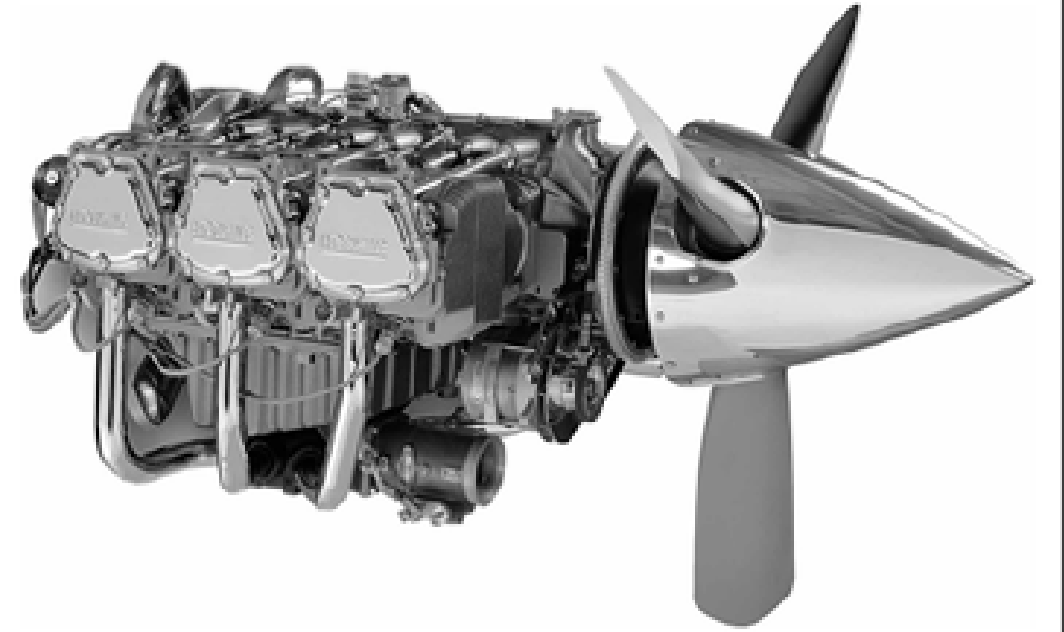
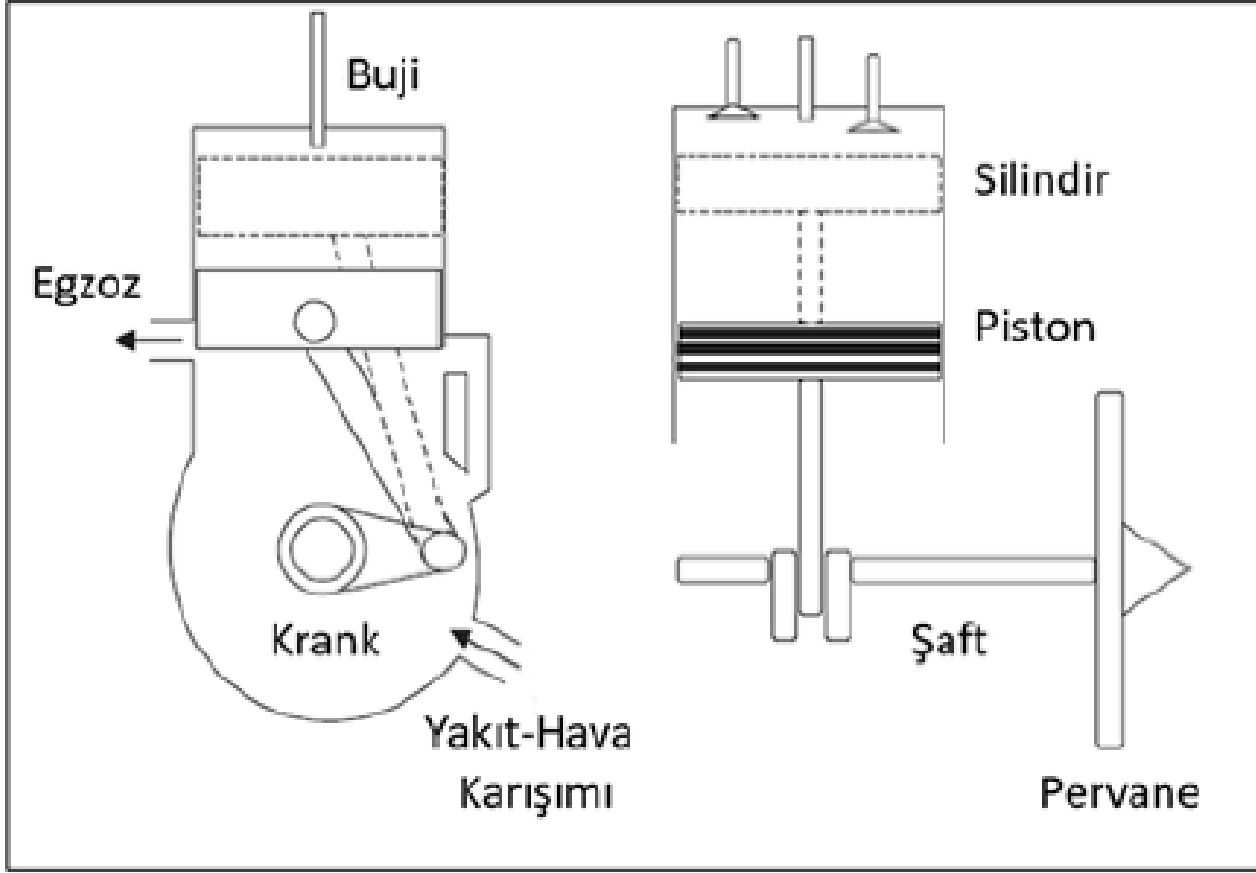


Şekil 10.2. Motorların sınıflandırılması

10.3. Pistonlu Motorlar

Pistonlu motorlarda ve gaz türbinlerinde yanma olayının motor içerisinde gerçekleşmesinden dolayı, bu motorlara içten yanmalı motorlar denir.

Piston motorlarda, yakıtın motorun içinde bulunan yanma odasında yakılmasıyla ve egzoz edilmesiyle meydana gelen basınç artışı-düşüşü sayesinde piston, silindirde aşağı yukarı yönlü ritmik hareket yapar.



Lycoming O-540 Pistonlu Motor

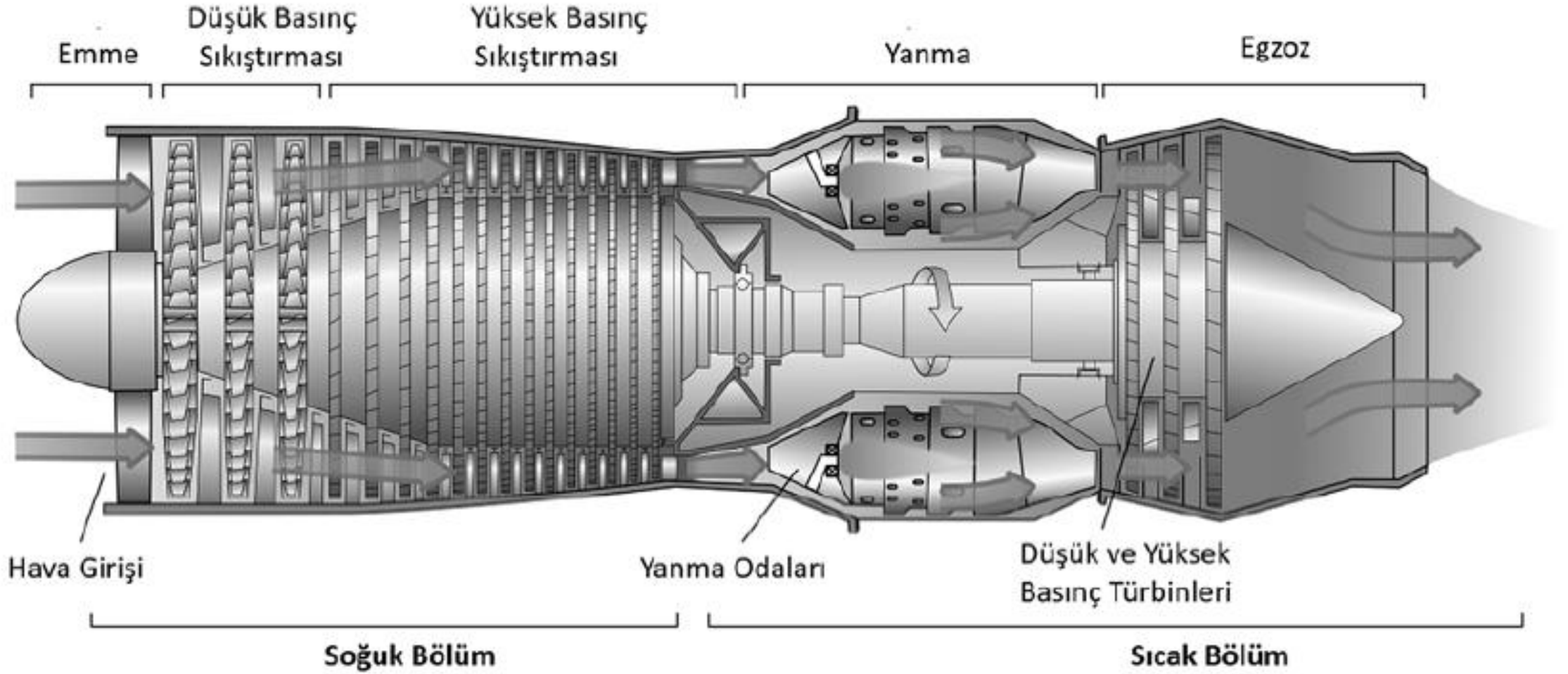
Şekil 10.3. Pistonlu motorun yapısı ve Lycoming O-540

10.4. Gaz Türbinleri

Pistonlu motor-pervane düzeneğinde; pervanenin çapı, güç kapasitesi ve pervaneye güç aktarımı gibi nedenler motorun yüksek beygir güçlerine erişmesi için sınırlamalar koyar.

Pervaneler, yüksek hızlarda verimlilik problemleri yaşarlar.

- 10.4.1. Turbojet Motorlar
- 10.4.2. Turboprop Motorlar
- 10.4.3. Turboşaft Motorlar
- 10.4.4. Turbofan Motorlar

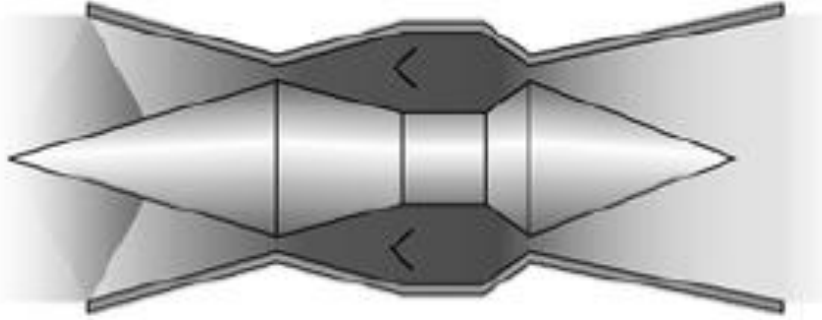


Şekil 10.5. Jet motorun bileşenleri

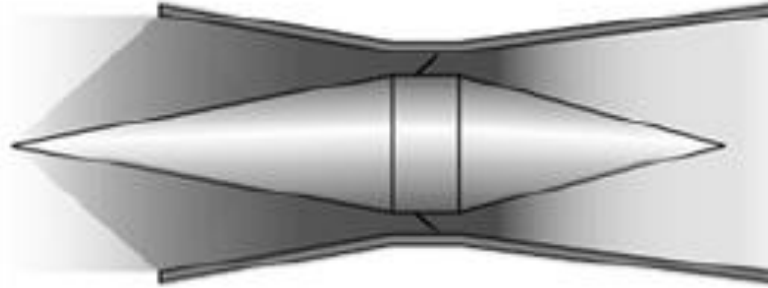
10.5. Ramjet, Scramjet ve Pulsejetler

Gaz türbinli motorlar sesaltı ve sesüstü hızlarda çalışabilmektedir.

Ses hızı aşıldığında oluşan şok dalgalar yüzünden, kompresöre giren havanın basıncı ve sıcaklığı değişken olduğundan, motorlar çabucak kararsız hâle gelirler.



Ramjet



Scramjet



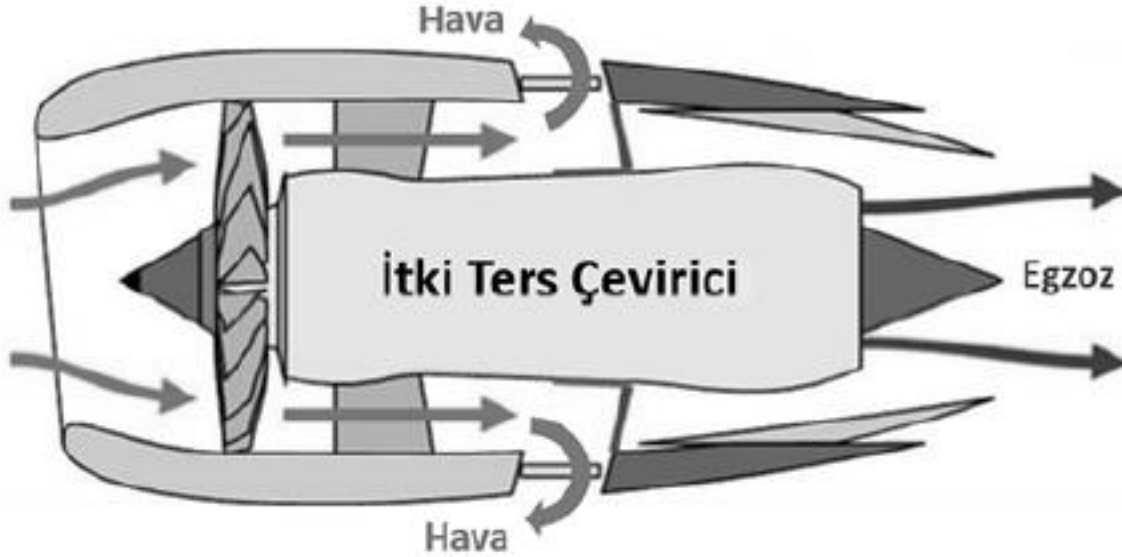
Pulsejet

Şekil 10.8. Ramjet, scramjet ve pulsejet motorlar

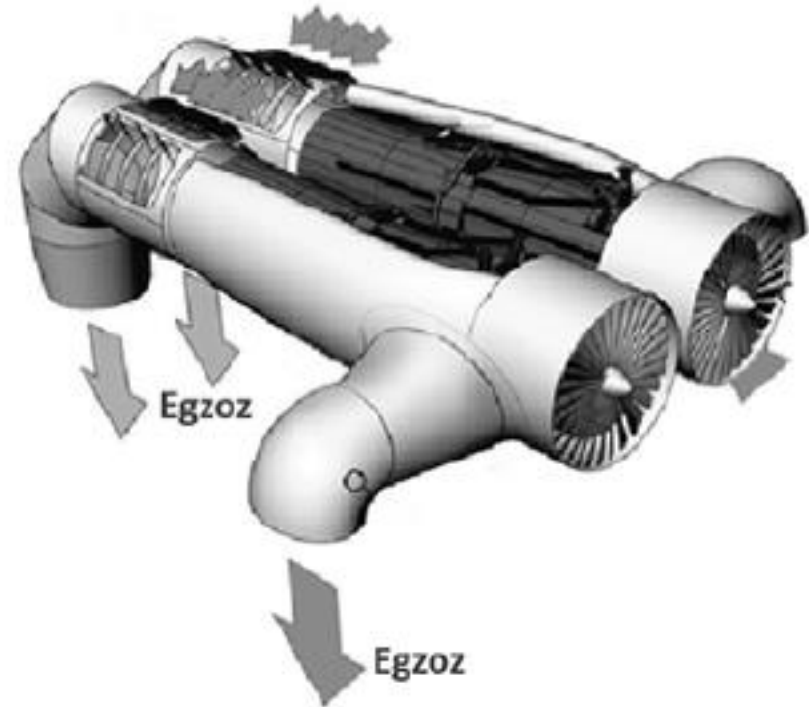
10.6. İtki Ters Çeviriciler

İtki ters çeviriciler (thrust reversals) motorların sağladığı itki kuvvetinin yönünü tersine çevirir.

Motorların kompresör kademesinde sıkıştırılmış yüksek basınçlı havanın, mümkün olduğunca uçağın hareket yönüne doğru püskürtülmesiyle itiş gücü fren gücüne dönüşür.



İtki Ters Çeviriciler (Thrust Reversals)



Dikey Kalkış-İniş (VTOL) Motoru

Şekil 10.9. İtki ters çeviriciler ve dikey kalkış ve iniş motorları

10.7. Dikey İniş Kalkış (VTOL) Motorları

Dikey kalkış ve iniş anlamına gelen VTOL (vertical take-off and landing), dikey olarak kalkış ve iniş yapabilen hava araçları için kullanılan kısaltmadır.

Newton'un 3. Yasası olan Etki-Tepki Yasası'na göre itki yönü, her zaman egzoz yönünün tersi yöndedir.

10.8. Yardımcı Güç Ünitesi (APU)

Yardımcı güç ünitesi anlamına gelen APU (auxiliary power unit), bir çeşit türbin motoru olup, günümüzde neredeyse tüm ticari yolcu uçaklarının kuyruk kısmında ek bir motor olarak yer alır.

10.9. Ram Havası Türbini

Ram havası türbini (RAT), küçük bir rüzgâr türbinine benzer. Ram havası türbini, pervane ve jeneratörden oluşur.

Ram havası denilmesinin nedeni, RAT pervanesinin, uçağın mevcut hızı nedeniyle uçak altında ram basıncının neden olduğu hava akımından yararlanarak güç üretmesidir.

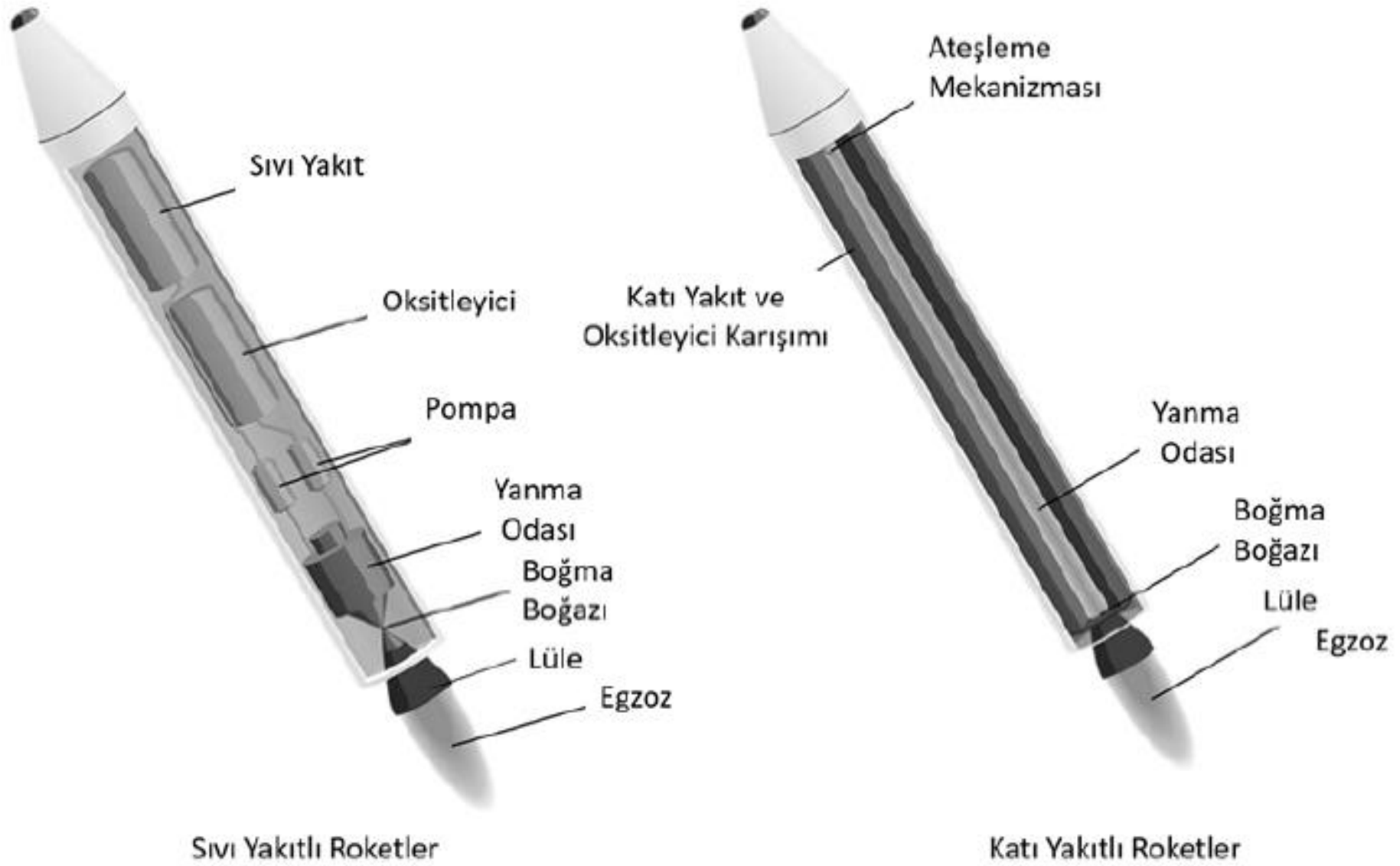
10.10. Hava Solumayan Motorlar

10.10.1. Roket Motorları

Roketler, atmosfer dışında havasız bir ortamda yani vakumda kullanıldıklarından dolayı, hava soluyan motordan farklı olarak kendi oksitleyicilerini taşırlar.

Roket motorları, uzay araçları ile balistik füzeleri itmek için kullanılırlar.

- 10.10.1. Roket Motorları
- 10.10.2. Elektrikli Motorlar



Şekil 10.10. Sıvı ve katı yakıtlı roketlerin gösterimi

10.11. Motorların Çevresel Etkileri

10.11.1. Emisyonlar

Uçak emisyonları, uçakta yanma sonu ürünlerinin ya da yanmayan hidrokarbonların egzozdan salınmasıyla ortaya çıkan ve çevre kirliliği oluşturan gazlardır.

En çok bilinen emisyonlar karbon monoksit, yanmamış hidrokarbonlar, azot oksitler ve dumandır.

- 10.11.1. Emisyonlar
- 10.11.2. Gürültü

11.Bölüm

UÇAK YAPI VE SİSTEMLERİ

- 11.1. Giriş
- 11.2. Temel Malzeme Bilgisi
- 11.3. Uçak Yapıları
- 11.4. Uçuş Göstergeleri
- 11.5. Seyrüsefer Sistemleri
- 11.6. Uçak Sistemleri

11.1. Giriş

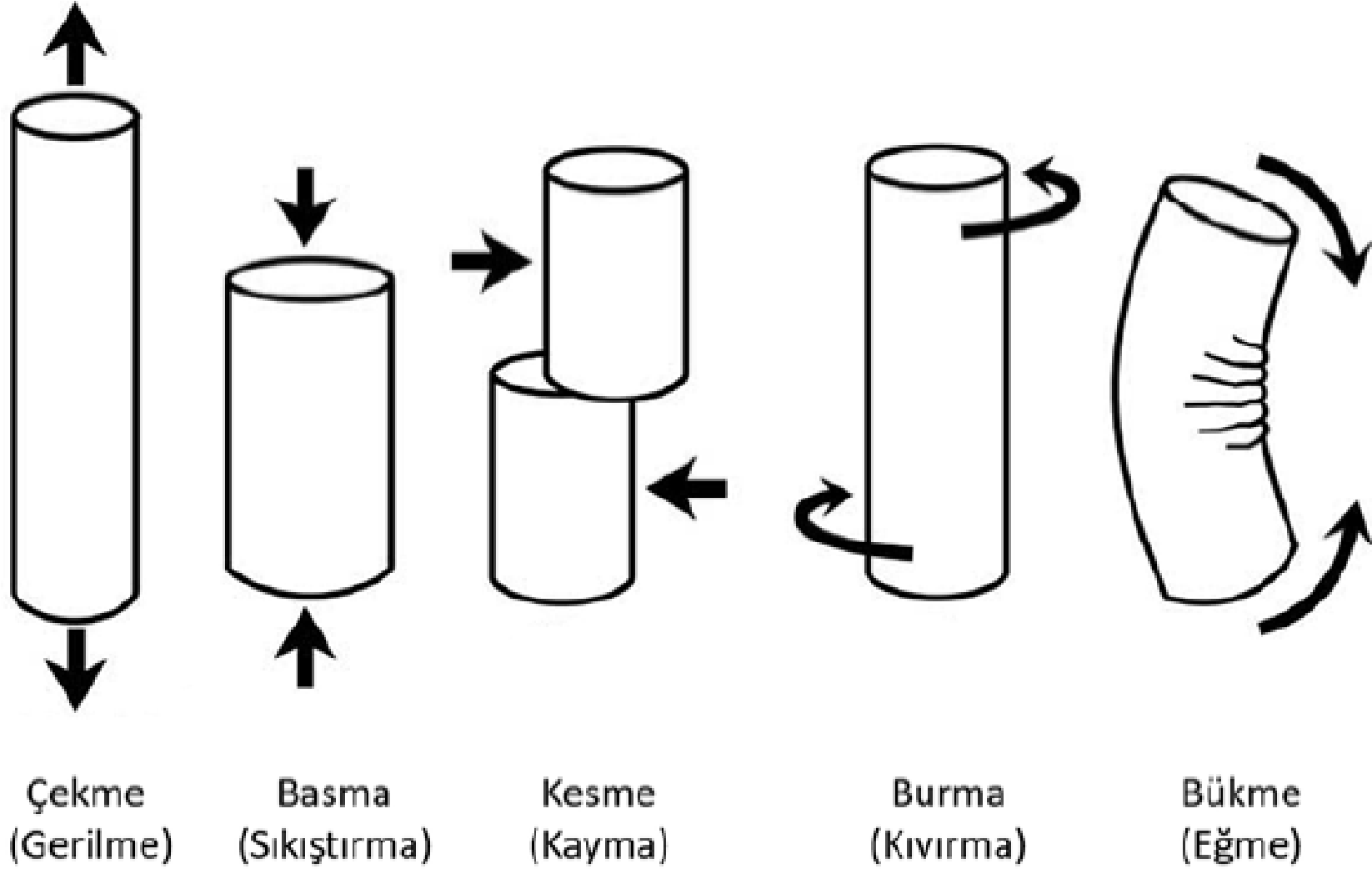
Bu bölümde öncelikle malzeme ile ilgili temel kavramlar kapsamında malzemeye etkiyen kuvvetler, uçaklarda kullanılan malzemeler, yorulma, korozyon gibi malzeme davranışları ele alınmıştır.

11.2. Temel Malzeme Bilgisi

Uçak yapılarından beklenen isterler; hafiflik, elastiklik, tokluk, korozyona dayanım, yorulmaya dayanım, imalat kolaylığı ve ucuzluk olarak sıralanabilir.

İlk uçaklar; kanvas kumaş ve ahşaptan imal edilirken, sonraki imalatlarda kanvas kumaş yerini vernikli kumaşa; ahşap yapılar yerini çelik kafes giriş yapılara bırakmıştır.

- 11.2.1. Malzemeye Etkiyen Yükler ve Emniyet Katsayısı Kavramı
- 11.2.2. Uçaklarda Kullanılan Metaller ve Metal Alaşımları
- 11.2.3. Kompozit Malzemeler
- 11.2.4. Malzemelerin Elastik Davranışı, Kırılma ve Kopma
- 11.2.5. Yorulma ve Malzemelerin Ömrü
- 11.2.6. Korozyon
- 11.2.7. Sürünme



Şekil 11.1. Malzemelerin yük etkisinde şekil değişimleri

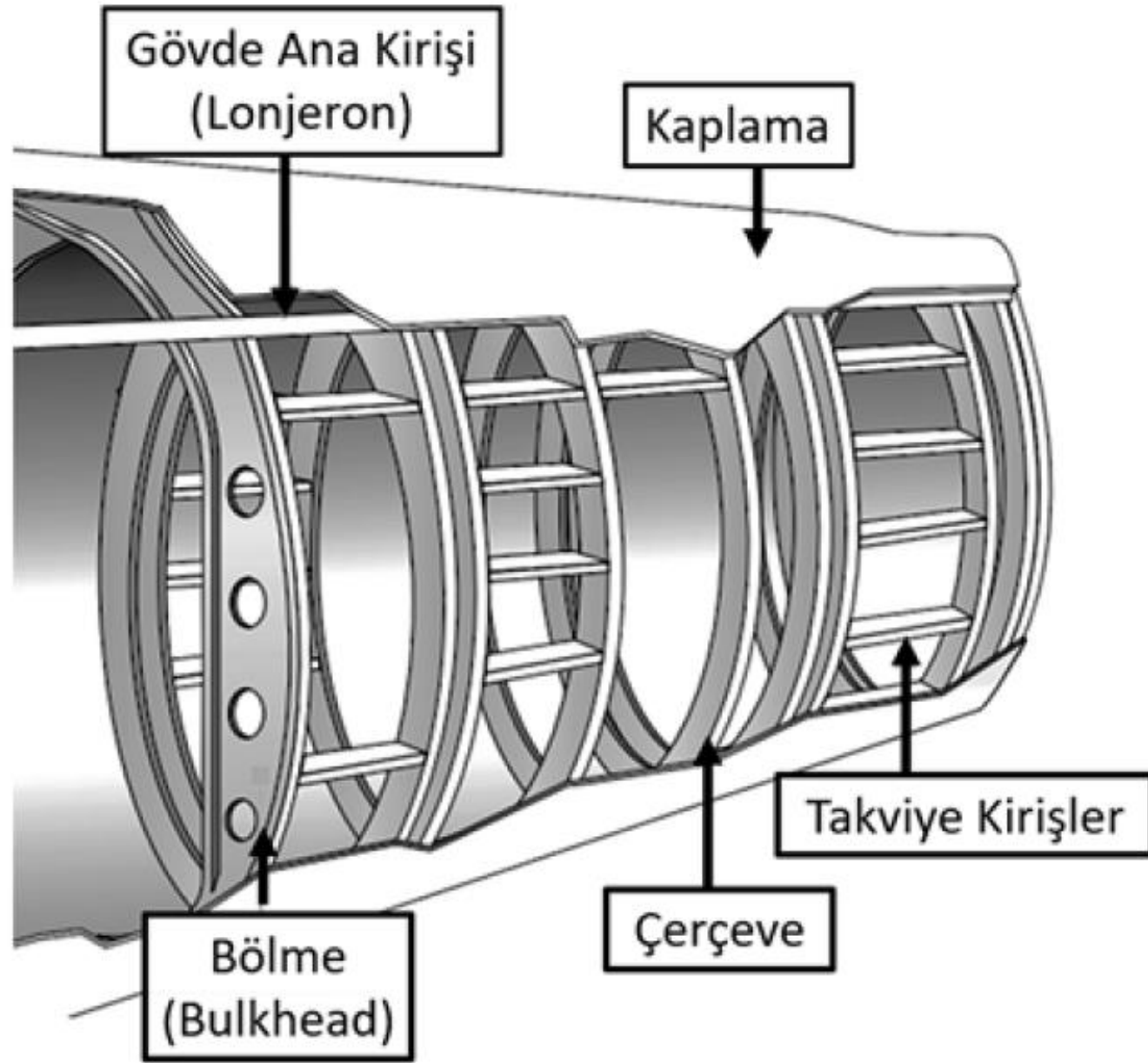
11.3. Uçak Yapıları

Gövde, kanatlar, kuyruk takımı, motorlar ve iniş takımları bir uçağın ana yapısını oluşturan uçak yapılarıdır.

Aşağıda, bu yapılar hakkında temel bilgiler verilecektir.

11.3.1. Gövde Yapıları

- 11.3.1. Gövde Yapıları
- 11.3.2. Kanat Yapıları
- 11.3.3. Kuyruk Takımı Yapıları
- 11.3.4. Motor Bağlantıları
- 11.3.5. İniş Takımı Yapıları
- 11.3.6. Radom ve Statik Deşarj Püskülleri
- 11.3.7. Uçaklarda Yer Numaralandırma



Şekil 11.4. Yarı monokok gövde yapıları

11.4. Uçuş Göstergeleri

Uçuş göstergeleri kokpit ön panelinde yer alıp, pilotu uçuş hakkında bilgilendirmek amacıyla kullanılır.

Uçuş göstergeleri eskiden 6 temel uçuş göstergesinin yer aldığı T düzeni biçiminde kokpite yerleştirilirken; günümüzde ana uçuş ekranı, çok işlevli ekran olarak bilinen bir panel üzerine yerleştirilir.



Hız Göstergesi



Suni Ufuk Göstergesi



Altimetre



Dönüş Kayış Göstergesi



İstikamet Göstergesi



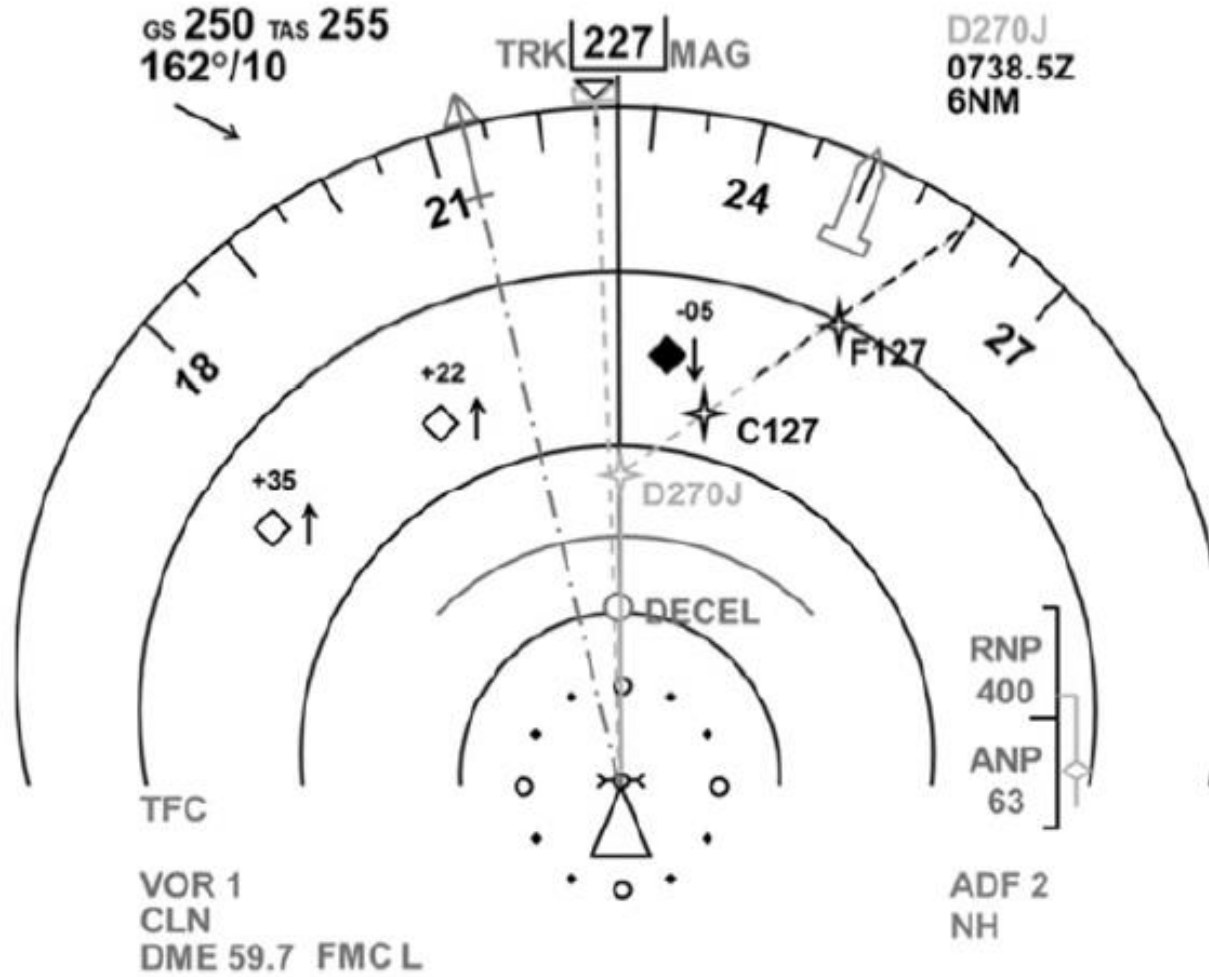
Varyometre

Şekil 11.10. Uçuş göstergeleri ve T düzeni

11.5. Seyrüsefer Sistemleri

Seyrüsefer (navigation), bir hava aracının kalkış safhasından iniş safhasına kadar izleyeceği en güvenilir ve en ekonomik yoldur.

Seyrüsefer diğer adıyla navigasyon, uçağın yeryüzü üzerindeki konumunu ve yönünü belirlemeyi amaçlar.



Otomatik Yön Bulucu - Automatic Direction Finder (ADF)
Mesafe Ölçüm Cihazı - Distance Measuring Equipment (DME)
Çok Yüksek Frekans Açık Telsiz Menzili - VHF Omni Range (VOR)

Şekil 11.15. Kokpitte örnek bir navigasyon ekranı

11.6. Uçak Sistemleri

Uçak sistemleri; insan vücudundaki dolaşım, solunum vb. sistemler gibi uçağın ruhu sayılabilecek, uçağın bütünlük içerisinde uçabilmesi yani uçuşaelverişlilik (airworthiness) için olmazsa olmaz unsurlardan oluşan, tüm alt sistemlerdir.

Şekil 11.16'da uçak sistemleri alt bileşenleriyle beraber verilmiştir.

- 11.6.1. Aviyonik Sistemler
- 11.6.2. Pnömatik ve İklimlendirme Sistemleri
- 11.6.3. Hidrolik Sistemler
- 11.6.4. Buz ve Yağmurdan Koruma Sistemleri
- 11.6.5. Yangın Önleyici Sistemler
- 11.6.6. Yakıt ve Ateşleme Sistemleri

- 11.6.7. Oksijen Sistemleri
- 11.6.8. Yağlama Sistemleri
- 11.6.9. Su ve Atık Sistemler

UÇAK SİSTEMLERİ

Aviyonik Sistemler

Pnömatik ve İklimlendirme Sistemleri

Hidrolik Sistemler

Buz ve Yağmurdan Koruma Sistemleri

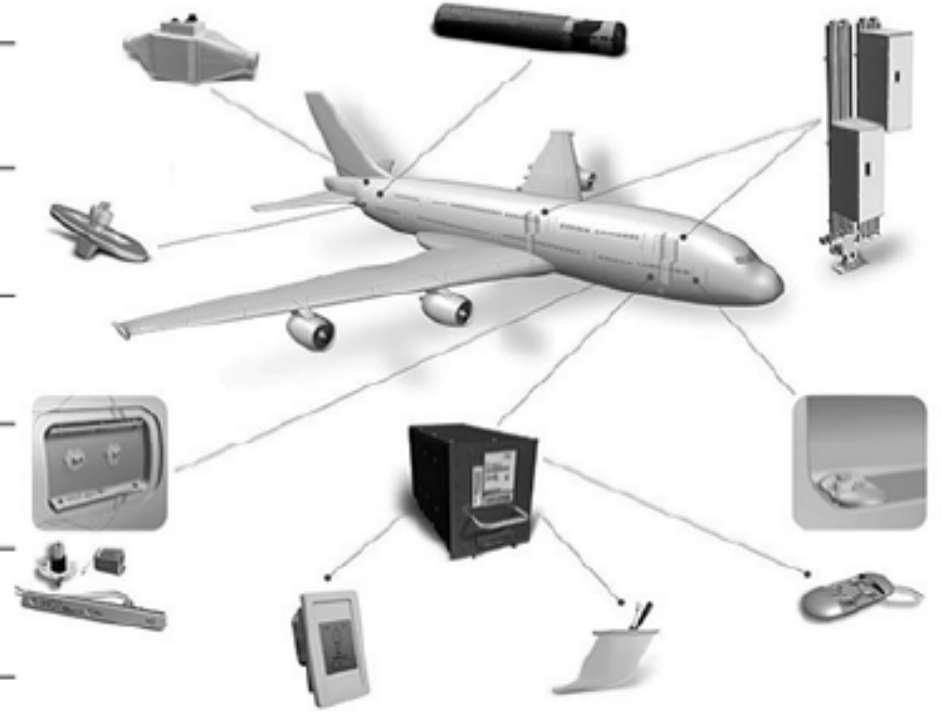
Yangın Önleyici Sistemler

Yakıt ve Ateşleme Sistemleri

Oksijen Sistemleri

Yağlama Sistemleri

Su ve Atık Sistemler



Şekil 11.16. Başlıca uçak sistemleri

12.Bölüm

YÜKSEK HIZLI UÇUŞ

- 12.1. Giriş
- 12.2. Ses Hızı ve Havanın Sıkıştırılabilirliği
- 12.3. Mach Açısı ve Mach Konisi
- 12.4. Kritik Mach Sayısı ve Sürüklenme Sapma Mach Sayısı
- 12.5. Sonik Patlama
- 12.6. Şok Dalgaları

- 12.7. Yüksek Hızların Aerodinamik ve Aerothermal Etkileri
- 12.8. Süperkritik Kanat Profili
- 12.9. Alan Kuralı
- 12.10. Ok Açısının Yüksek Hızlı Uçuşa Etkisi
- 12.11. Delta Kanatlar

12.1. Giriş

Turbojet motorların icadından sonra jet motorlarla yapılan denemelerde, uçak ses hızına yaklaşmaya başladığında yüksek hızları çok zor ya da imkânsız kılan bir bariyer (şok dalgası sürüklemesi) olduğu ilk kez deneyimlendi ve buna ses bariyeri denildi.

12.2. Ses Hızı ve Havanın Sıkıştırılabilirliği

Ses hızı; birim zamanda ortamda ilerleyen bir ses dalgası tarafından kat edilen mesafedir.

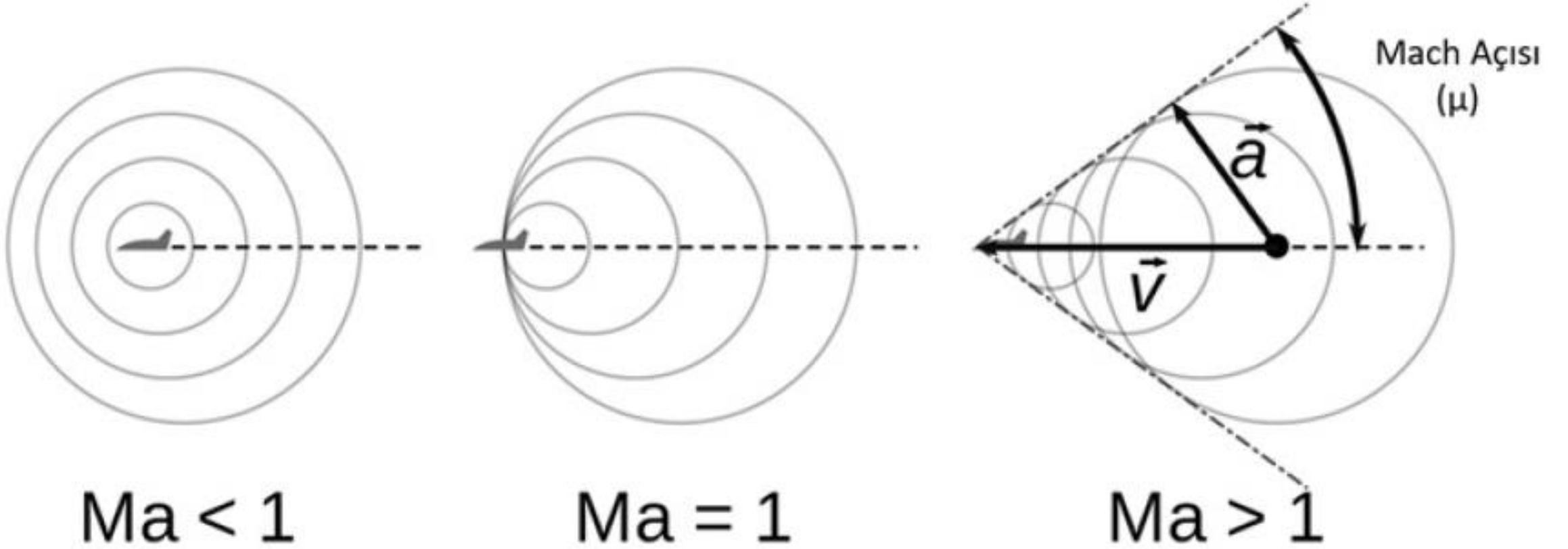
20 °C'de havadaki ses hızı, saniyede yaklaşık 343 metre ya da 1235 km/sa'dır.

Ses hızı hareket ettiği ortama bağlı bir değişkendir.

12.3. Mach Açısı ve Mach Konisi

Bir cisim ses hızına yaklaştığında, şok dalgası denilen olgu gelişir.

Şok dalgası; ortamdaki yerel ses hızından daha hızlı hareket eden ve sıkışan havanın enerji taşıyan basınç dalgası şeklinde tanımlanabilir.

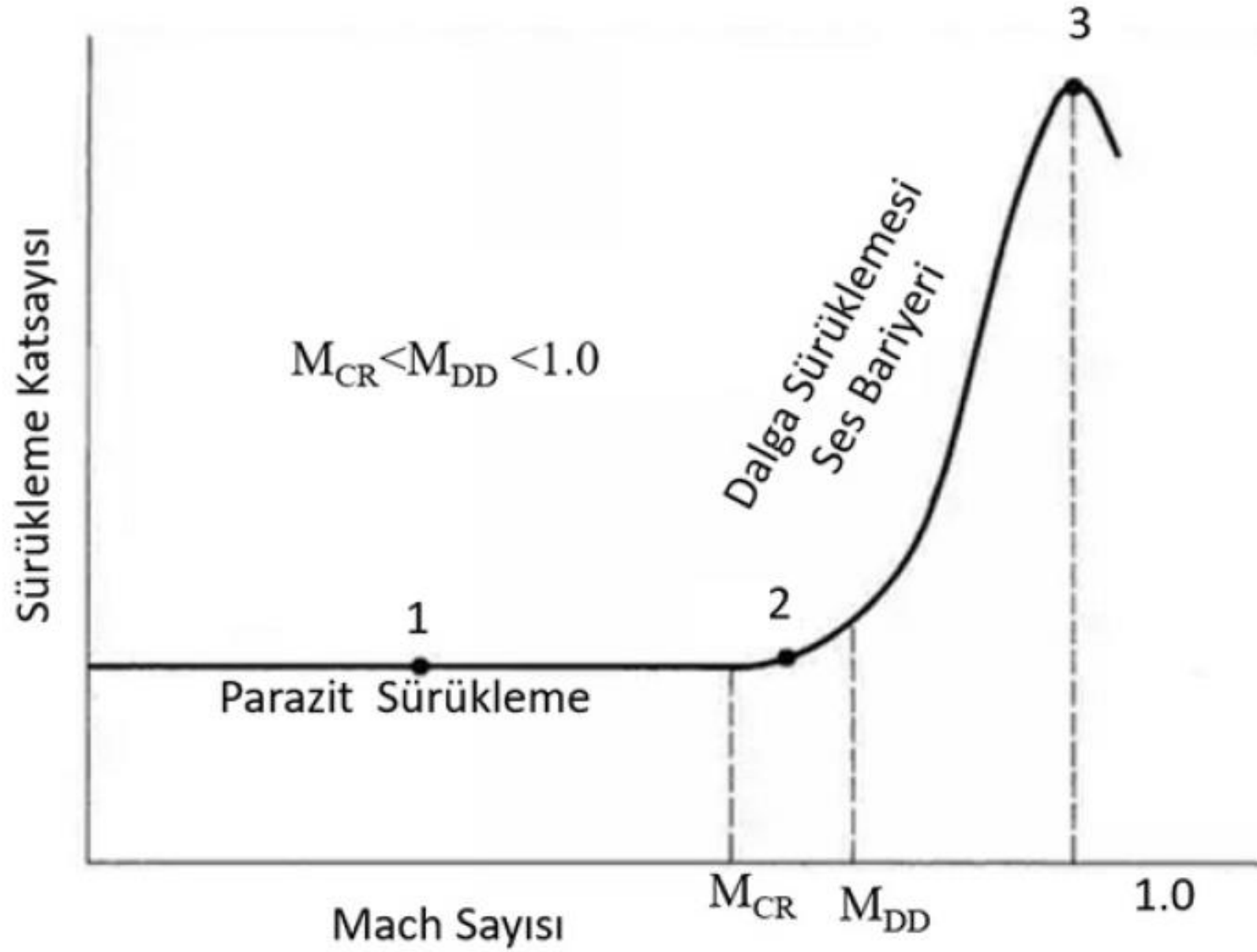


Şekil 12.1. Ses dalgalarının değişim trendi ve Mach konisinin oluşumu

12.4. Kritik Mach Sayısı ve Sürüklenme Sapma Mach Sayısı

Uçak seyir hızı ile uçağın bileşenleri üzerindeki göreceli hızlar farklı olabilir. Şekil 12.2’de kritik Mach sayısı ile ilgili bir görsel sunulmuştur.

Uçak 0,85 Mach ile uçarken uçağın kanadının muhtelif yerleri 1 Mach hızlarını görebilir.



Şekil 12.3. Sürüklemeye-sapma Mach sayısı ve ses bariyeri

12.5. Sonik Patlama

Uçağın hareketi sırasında üst üste binmiş birçok ses dalgasının titreşim etkisi de artar.

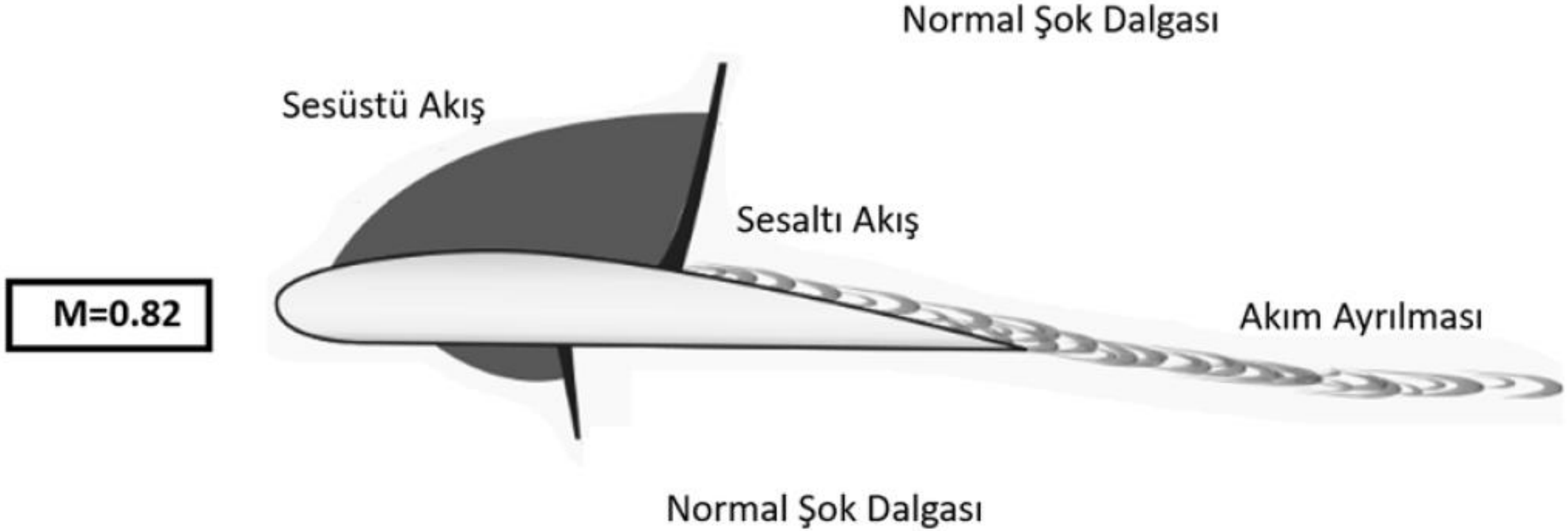
Bir jet ses hızına eşit hıza ulaştığı anda, yığılmış yüksek basınçlı ses duvarı ortaya çıkar.

Jetler bu ses duvarını patlatarak ses hızını aşarlar; bu sırada oluşan gürültüye sonik patlama denir.

12.6. Şok Dalgaları

Havacılıkta dalga sürüklemesi; şok dalgalarının varlığından dolayı transonik/süpersonik hızlarda hareket eden kanatlar, gövde vb. bileşenlerin aerodinamik sürüklemesinin bir parçasıdır.

- 12.6.1. Normal Şok Dalgası
- 12.6.2. Eğik Şok Dalgası
- 12.6.3. Yay Şoku
- 12.6.4. Genişleme Dalgaları

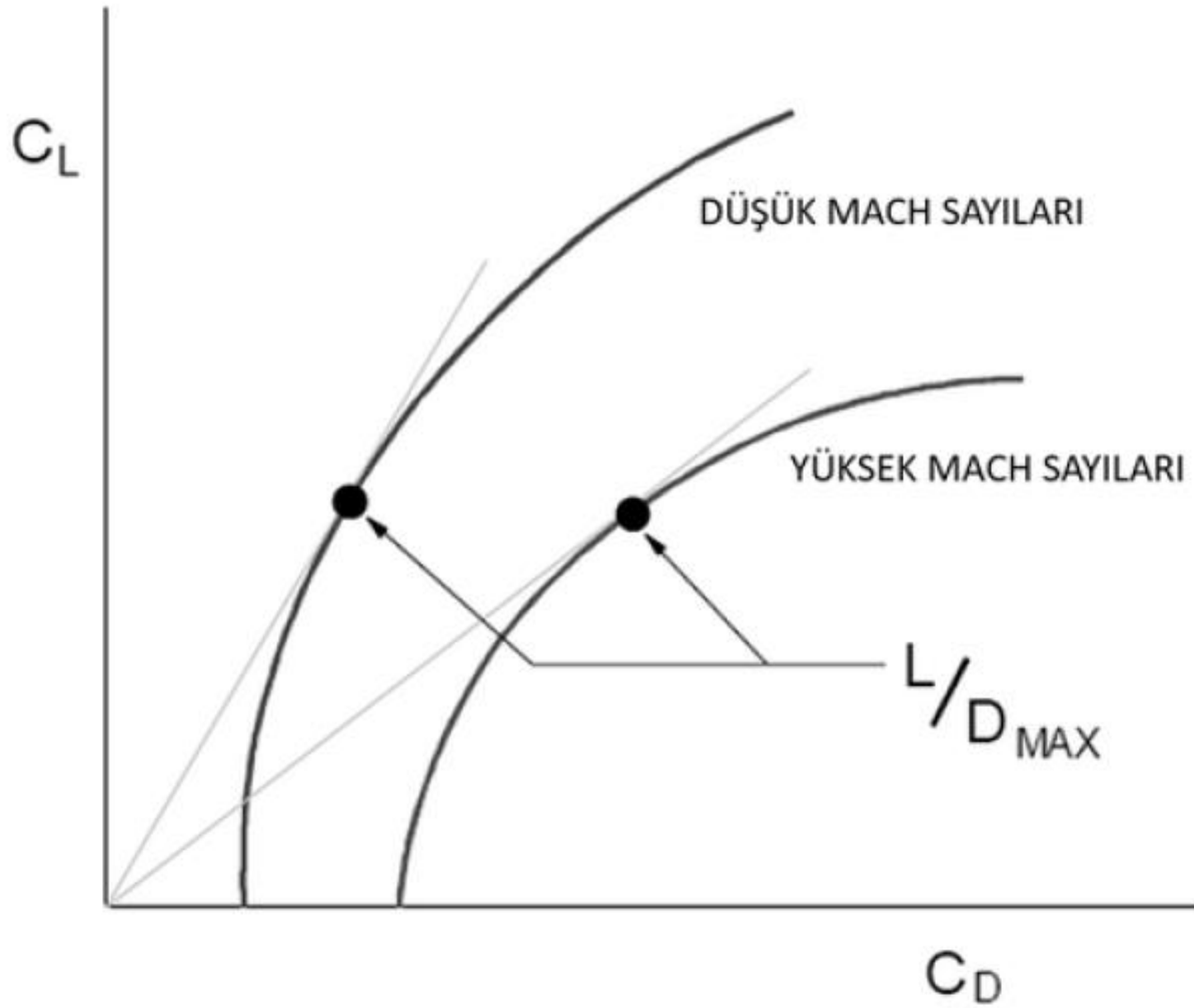


Şekil 12.5. Normal şok dalgasının kanat profili üzerinde gelişimi

12.7. Yüksek Hızların Aerodinamik ve Aerothermal Etkileri

Yüksek hızlarda taşıma/sürüklenme oranları yani aerodinamik verimlilik de değişmektedir.

Şekil 12.7'de taşıma katsayısı (C_L) ve sürüklenme katsayısının (C_D) Mach sayısı ile değişim eğrileri görülebilir.



Şekil 12.7. Yüksek hızların aerodinamik etkileri

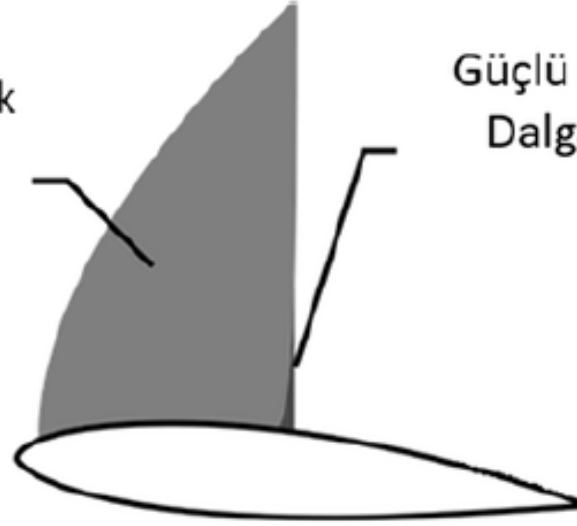
12.8. Süperkritik Kanat Profili

Süperkritik kanat profili aslında sescivarı (transonik) hız aralığında kritik Mach sayısını (MCR) arttırmak ve dalga sürüklenmesini geciktirmek için tasarlanmış bir uçak kanat profilidir.

Geleneksel Kanat Profili

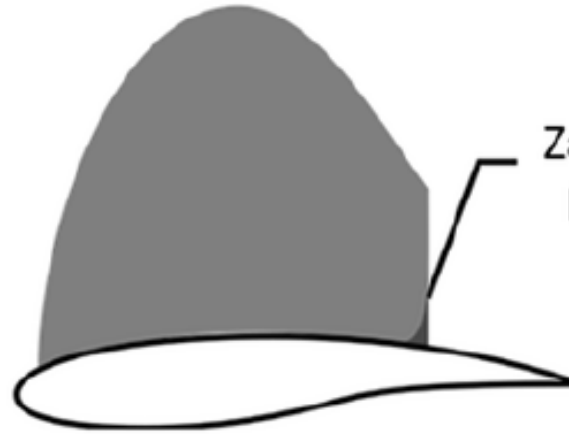
Süpersonik
Akış

Güçlü Şok
Dalgası



Süperkritik Kanat Profili

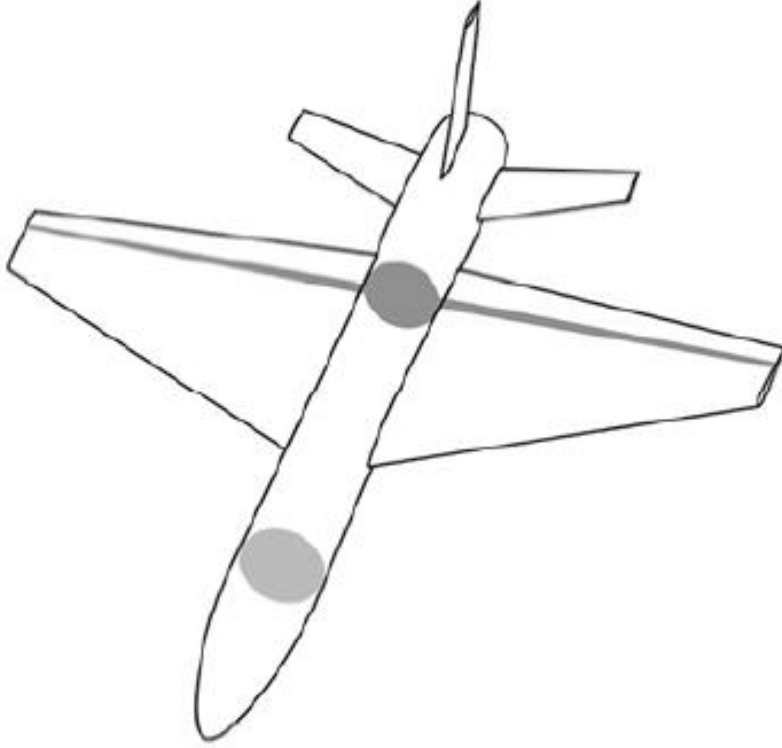
Zayıf Şok
Dalgası



Şekil 12.9. Süperkritik kanat profili

12.9. Alan Kuralı

Alan kuralı, aynı enine kesit alanı dağılımına sahip iki uçağın, alanın yanal olarak nasıl dağıldığına bakılmaksızın (yani gövdeye mi dağıldığına ya da kanata mı dağıldığına bakılmaksızın) aynı dalga sürüklemesine sahip olduğunu söyler.



Sesüstü Uçuşlarda Alan Kuralı



Sesaltı (Subsonik) Uçak



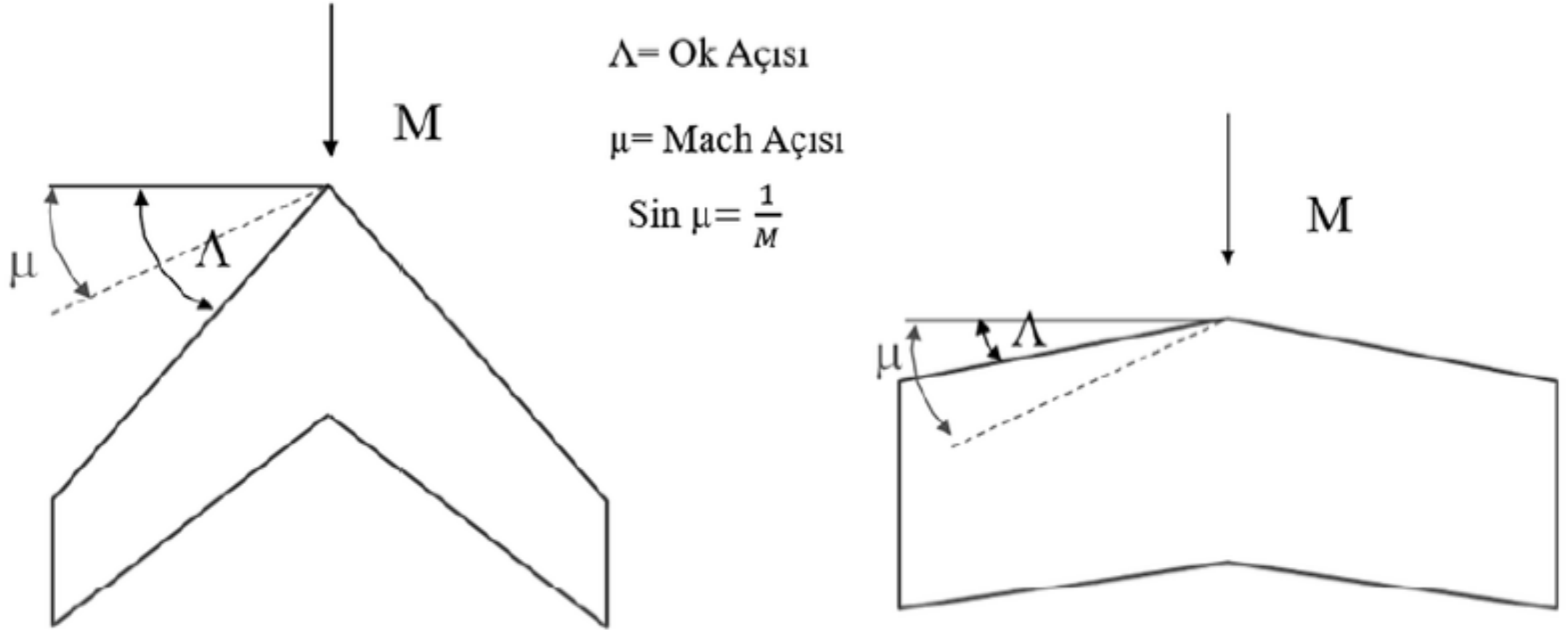
Sesüstü (Süpersonik) Uçak

Şekil 12.10. Sesüstü uçuşta alan kuralı

12.10. Ok Açısının Yüksek Hızlı Uçuşa Etkisi

Ok açısı, uçağa tepeden bakıldığında uçak kanatlarını düz olarak değil de öne doğru ya da arkaya doğru bir açı vermek suretiyle tasarlamak demektir.

Kanatları ok açılı tasarlamak kanadın hücum kenarına çarpan hava akımını, basınç dağılımını ve şok dalgalarının oluşumunu etkiler.



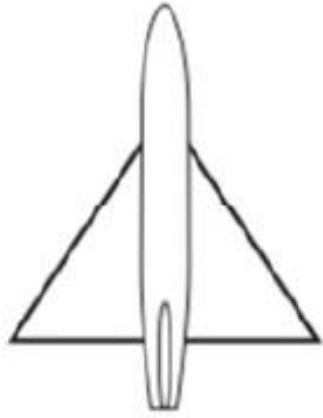
Şekil 12.12. Ok açısının yüksek hızlı uçuşa etkisi

12.11. Delta Kanatlar

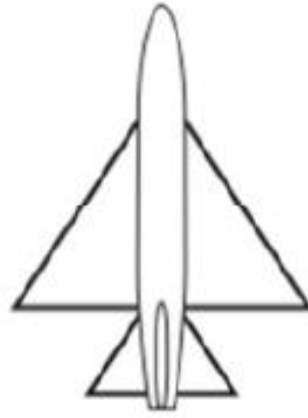
Delta kanatlar, ok açılı kanatların özel bir formudur ve üçgen şeklinde bir kanattır.

Adını Yunan alfabesindeki büyük harf olan delta (Δ) ile benzerliğinden alır.

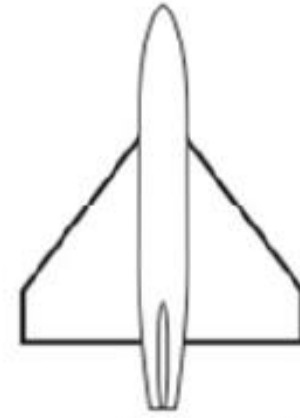
Transonik ve süpersonik uçuş için uygun olduğu kanıtlanana kadar, delta kanatların önemi anlaşılamamıştır.



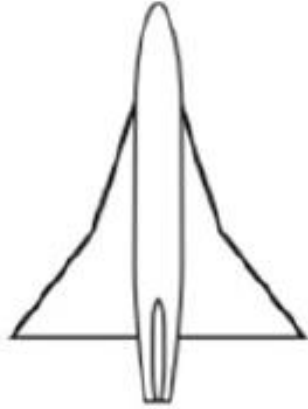
Kuyruksuz
Delta



Kuyruklu
Delta



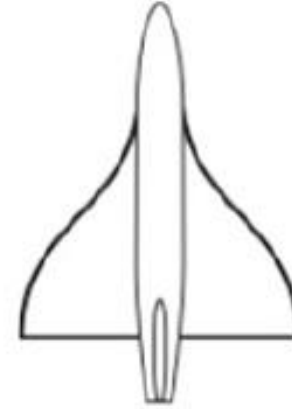
Kırpık (Cropped)
Delta



Çift (Compound)
Delta



Kıvrık (Cranked)
Delta



Oval (Ogival)
Delta

Şekil 12.13. Delta kanat formları



Kaynak

Uçuş Teorisi ve Temel Uçak Bilgisi

Durmuş, S. (2025). *Uçuş Teorisi ve Temel Uçak Bilgisi* (6. b.). Nobel Akademik Yayıncılık.