

Okan Üniversitesi MYO

MUTK111

HAVACILIK ve UÇAK BİLGİSİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

Ders **12**

Havacılık ve Uçak Bilgisi

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

MUTK111 – Havacılık ve Uçak Bilgisi



HAREKETLİ (DÖNER) KANATLI HAVA ARAÇLARI

Döner Kanatlı Hava Araçları

Helikopterler

Otocayro

Cayrocin

Döner Kanatlı Hava Araçları

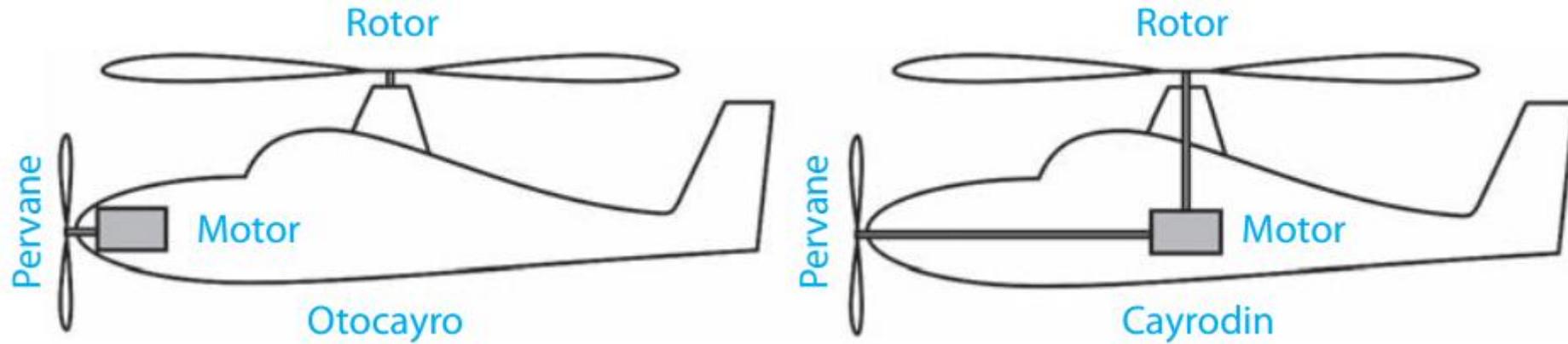
- Döner kanatlı hava aracı uçuşta havada tutunabilmesi için gereken taşımayı bir veya daha fazla sayıda rotor adı verilen sistemle üreten havadan ağır hava aracıdır.
- **Rotor** hava aracının motor mili tarafından döndürülen bir şafta bağlanmış kanat benzeri (*airfoil*) elemanlardan meydana gelir.
- Başlıca döner kanatlı hava aracı türleri helikopter, otocayro (**otojiro**, **otojir**) ve cayrodin'dir (**jiroplan**).
- **Helikopter** en yaygın kullanılan türü olduğundan, ayrıntılı olarak incelenecektir.

Döner Kanatlı Hava Araçları

- **Otocayro** ileri doğru hareketini motor tarafından tahrik edilen pervane gibi bir itme sistemiyle sağlayan, havada tutunmasını ise herhangi bir motor tarafından tahrik edilmeden sadece aracın ileri doğru hareketi sonucunda **rüzgar etkisiyle kendi kendine dönen rotorunda** oluşan taşıma ile sağlayan havadan ağır, döner kanatlı hava aracıdır.
- **Cayrodin** ileri doğru hareketini motor tarafından tahrik edilen pervane gibi bir itme sistemiyle sağlayan, havada tutunmasını ise yine aynı veya başka bir **motor tarafından tahrik edilerek dönen rotorunda** oluşan taşıma ile sağlayan havadan ağır, döner kanatlı hava aracıdır.

Döner Kanatlı Hava Araçları

- Otocayro (*AutoGyro*) ve Cayrodin (*Gyrodyne*)



Döner Kanatlı Hava Araçları

- Otocayro (*AutoGyro*) ve Cayrodin (*Gyrodyne*)



Döner Kanatlı Hava Araçları / **Helikopter**

- Diğer döner kanatlı hava araçları olan **otocayro** ve **cayrocin** örneklerinde **ileri doğru hareket**, yani yatay uçuş, **pervane tarafından sağlanır**, rotor ise sadece havada tutunabilmek için gereken taşımayı üretir.
- Helikopter ise **hem havada tutunmasını hem de ileri doğru hareketini**, motor veya motorlar tarafından tahrik edilen **rotoruyla sağlayan** ve kalkış ve iniş için belli bir piste ihtiyaç göstermeyen döner kanatlı hava aracıdır şeklinde tanımlanabilir.

MUTK111 – Havacılık ve Uçak Bilgisi



HELİKOPTERLER

Helikopter

- Dünyada en yaygın olarak kullanılan döner kanatlı hava aracı helikopterdir.
- Helikopter, Türk sivil havacılık mevzuatında (SHGM) belli bir piste ihtiyaç göstermeksizin karada ve denizde bir noktaya inen kalkan, motor gücü ile seyreden, havadan ağır hava aracı olarak tanımlanmaktadır.
- Amerikan Federal Havacılık (FAA) İdaresi ve Avrupa Havacılık Emniyet Ajansı (EASA) ise yatay uçuşunu da motor tarafından tahrik edilen rotor vasıtasıyla yapan döner kanatlı hava aracı olarak tanımlamaktadır.

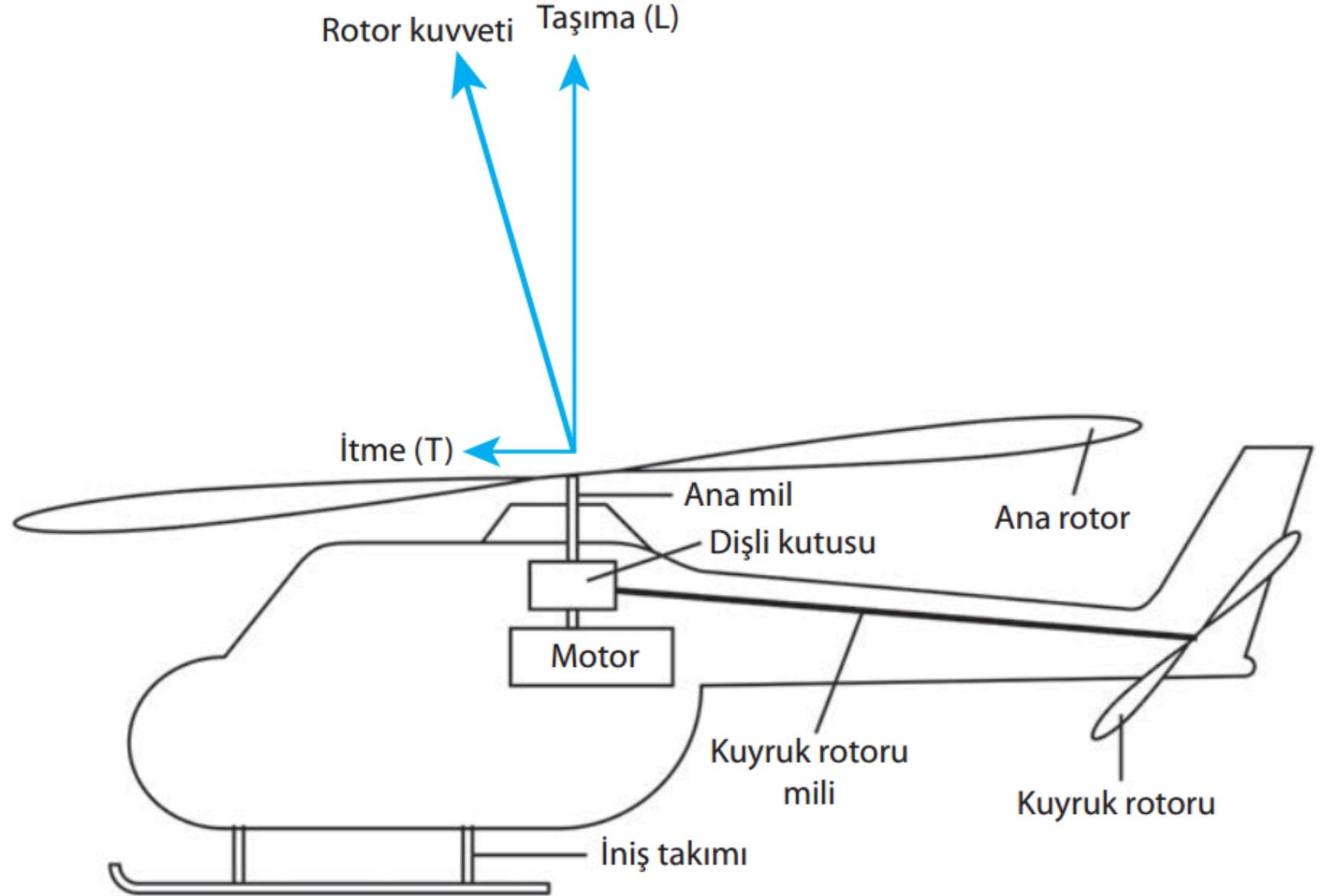
Helikopter



- Örnek Görseller

Helikopter

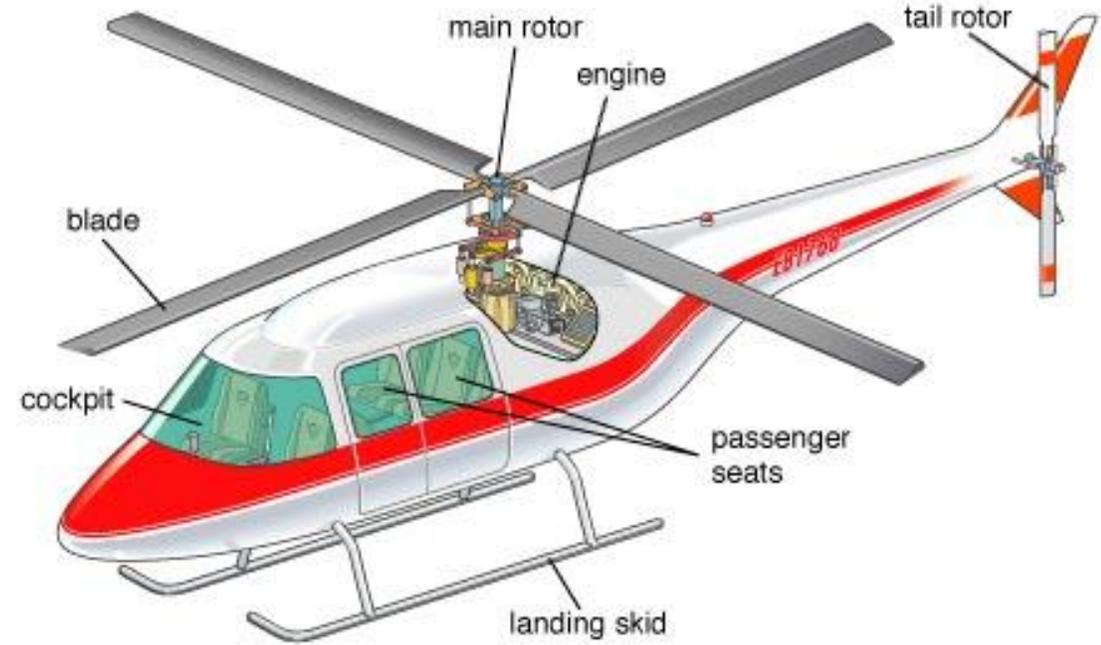
Helikopter
ana elemanları ve
prensip şeması



Helikopterler

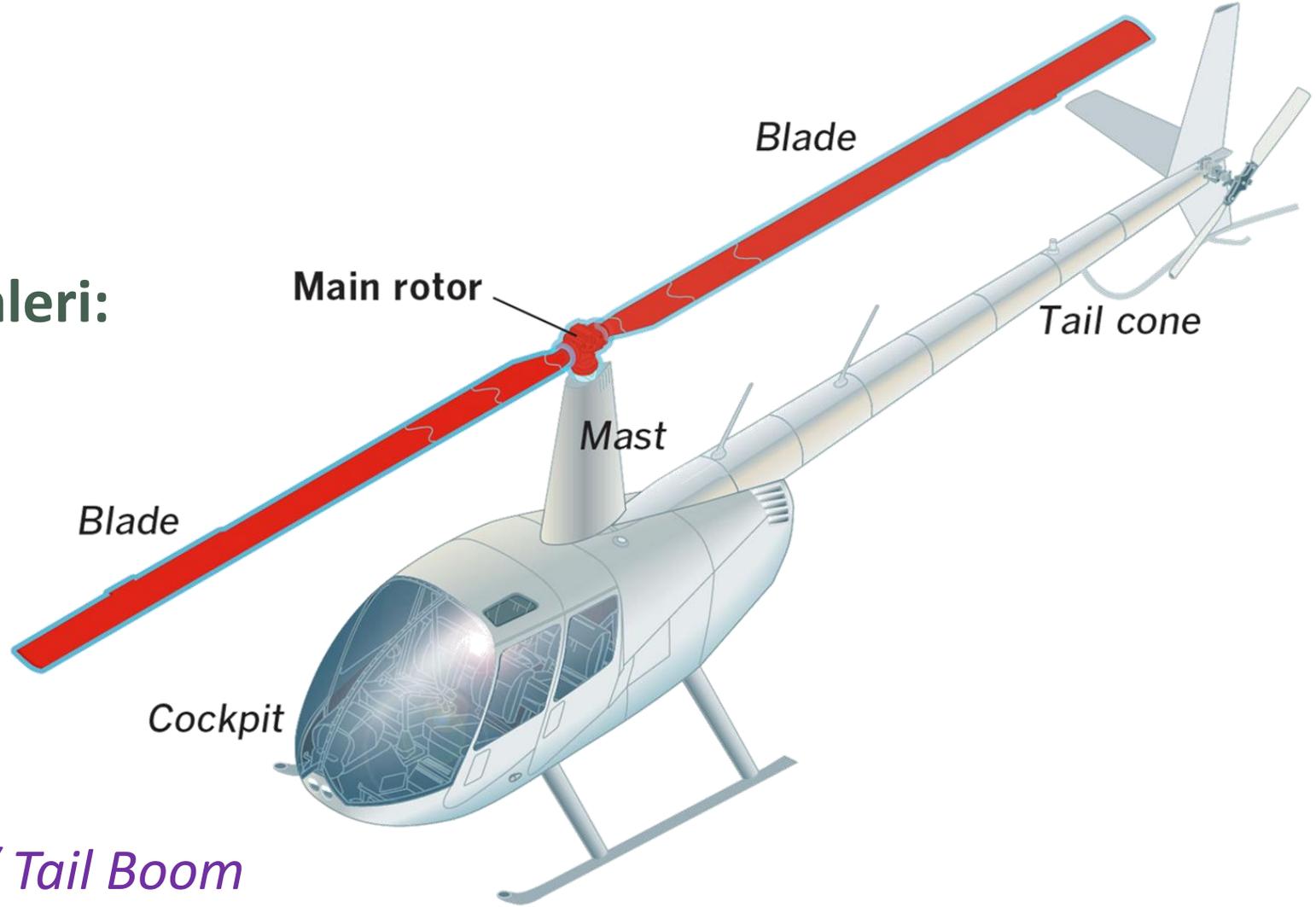
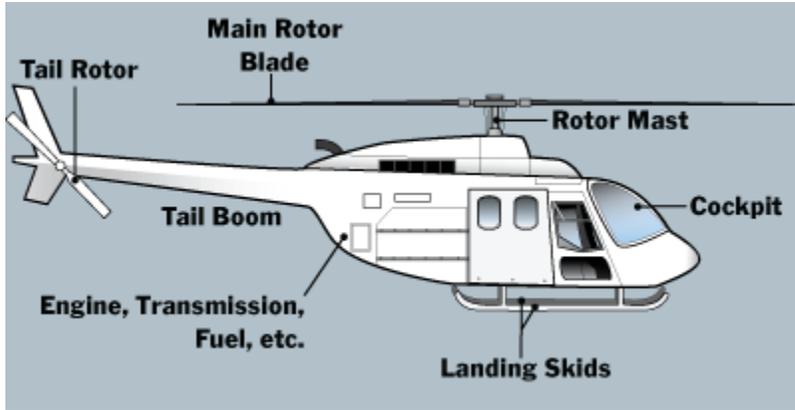
Helikopterin Temel Bölümleri:

- Pâl / Pala = *Blade*
- Ana Rotor = *Main Rotor*
- Motor = *Engine*
- Kuyruk Rotoru /Pervanesi = *Tail Rotor*
- İniş Kızakları /Takımı = *Landing Skid*
- Pilot kabini /Kokpit = *Cockpit*



Helikopterler

Helikopterin Temel Bölümleri:



- Mast = *Rotor Kulesi*
- Kuyruk Konisi = *Tail Cone / Tail Boom*

Helikopterler

Helikopterin Temel Bölümleri:

- *Swash Plate* = Yalpa Diski / Taşıyıcı Plaka
- *Rotor Hub* = Pervane Göbeği
- *Fin* = Sabit Dikey Yüzey (Kanat)
- *Horizontal Stabilizer Tail* = Kuyruk Yatay Stabilize



Helikopterler

Helikopter Uçuşunun Temel İlkeleri

Helikopter

Helikopterin Uçuş Prensibi:

- Helikopterin motoru, bir tür **kanat** formundaki '**pal**'lere (palalar) bağlı, rotoru döndürmektedir.
- Bu dönüş, rotor paline dönme merkezi olan ana milde sıfırdan başlayarak, palin ucunda V_R hızına erişen hava hızlarının etkimesine neden olur. Örneğin **dönme merkezinden r mesafede etkiyen hız V_r** olur.
- Pale etkiyen bu hava hızları sonucunda pal üzerinde aerodinamik kuvvetler oluşmakta, tüm pallerin üzerindeki aerodinamik kuvvetlerin toplamı ise **rotor kuvveti** adı verilen toplam aerodinamik kuvveti vermektedir.

Helikopter

Helikopterin Uçuş Prensibi:

- Toplam aerodinamik kuvvetin bileşenlerinden biri ise helikopterin ağırlığını dengeleyerek havada tutunmasını sağlamaktadır.
- Helikopter hareket etmese bile rotorunun hareketi sonucunda taşımanın oluşması ve bu sayede helikopterin uçabilmesidir. Helikopterin bu hâldeki uçuşuna *askı durumu (Hover)* denir. Askıdaki helikopter yerin yatay düzlemine göre hareket etmese de olduğu yerde yükselebilir, alçalabilir veya havada asılı olarak durabilir.

Helikopter

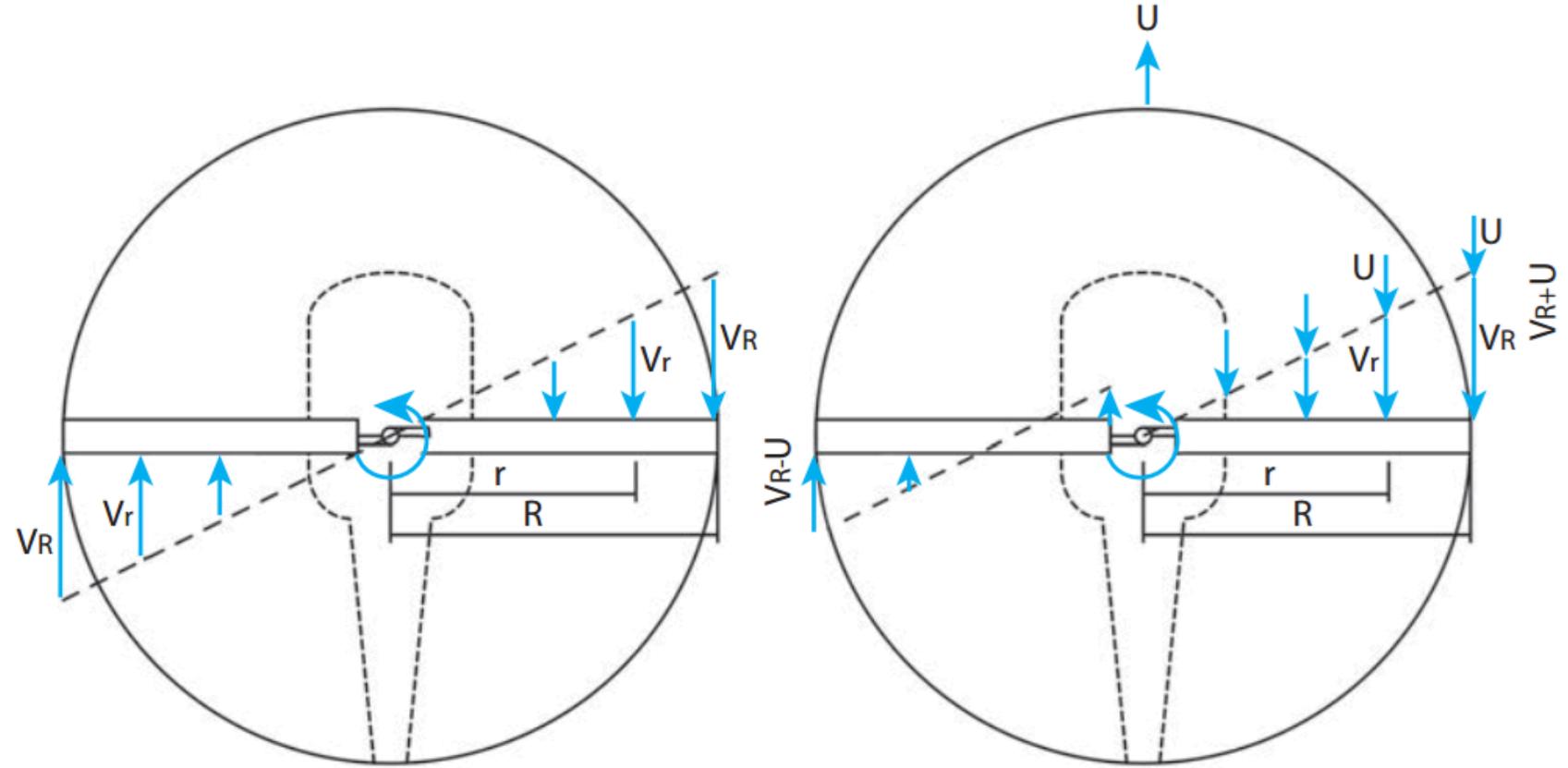
Helikopterin Uçuş Prensibi:

- Helikopter ileri doğru uçarken **paller üzerindeki hız dağılımı** biraz daha farklı hâle gelir (bkz. sonraki şekil).
 - Rotor U hızı ile ileriye doğru uçan helikoptere göre saat ibrelerinin tersi istikamette dönmektedir. Bu durumda U hızı pallere etkiyen dönme hızlarına vektör olarak eklenir.
 - Vektör toplamalarının sonucu olarak sağ tarafta bulunan ve ilerleyen pale daha büyük aerodinamik kuvvetler etkiler.
 - Sol tarafta bulunan ve gerileyen pale ise vektör toplamı sonucu (bu tarafta ileri doğru hareket hızı dönme hızlarından çıkarılır) daha düşük hatta rotorun merkezine doğru negatif hızların etkisiyle daha küçük aerodinamik kuvvetler etkiler.

Helikopter

Helikopterin Uçuş Prensibi:

Helikopter rotoru üzerinde hız dağılımı



(a) Askı (hover)

(b) İleri uçuş

Helikopter

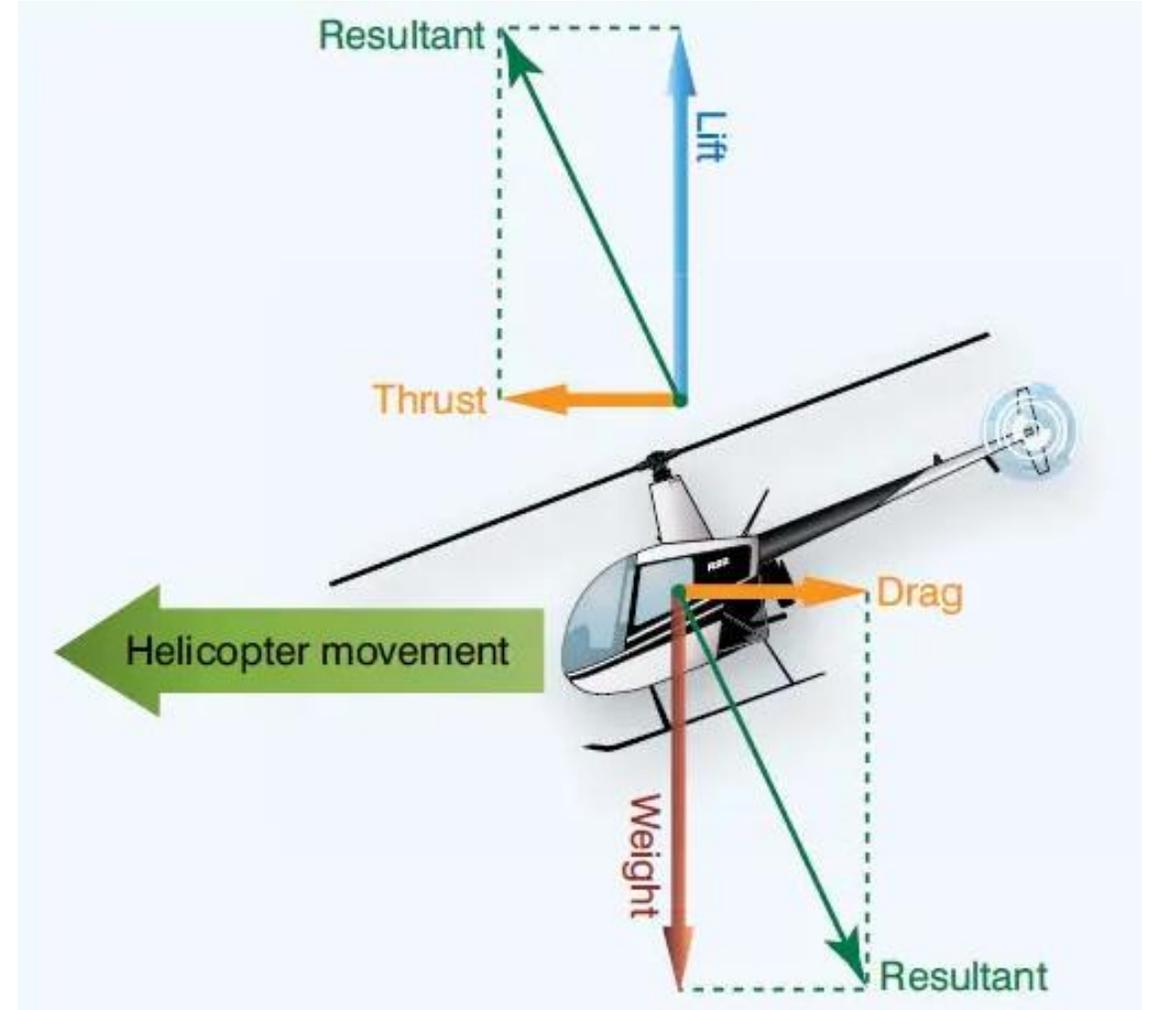
Helikopterin Uçuş Prensibi:

- Ancak bütün paller üzerindeki aerodinamik kuvvetlerin toplamı yine rotor kuvvetini meydana getirir.
- Rotor kuvvetinin bir bileşeni olan taşıma helikopterin ağırlığını dengeleyerek havada tutunmasını sağlar. Rotor kuvvetinin diğer bileşeni olan itme ise helikopterin sürüklemesini karşılayarak ileri doğru hareket etmesini sağlar.

Helikopter

Helikopterin Uçuş Prensibi:

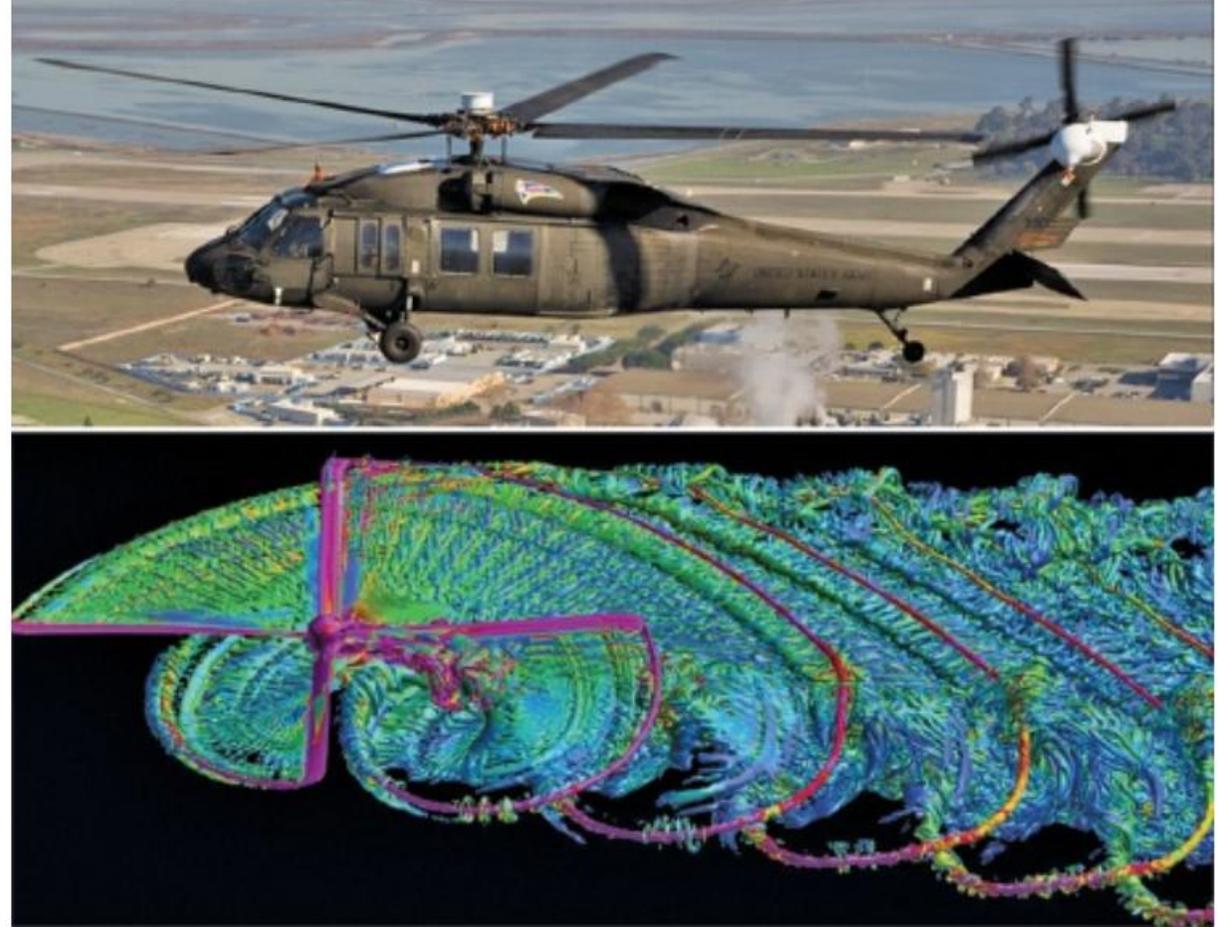
- Helikoptere uçuş sırasında etkiyen kuvvetler



Helikopterler

- Çok yönlü ve kullanışlı hava araçlarıdır.
- Uçak ile helikopter arasındaki temel fark taşıma (kaldırma) kuvvetinin kaynağıdır. Uçak, kaldırma kuvvetini sabit bir kanat yüzeyinden alırken, helikopteri kaldıran kuvvet, rotor adı verilen dönen bir kanat profilinden kaynaklanmaktadır.

Helikopter rotor kanadı aerodinamiği ve girdap akımları >>>



Helikopterler

- Helikopter kelimesi, ‘sarmal kanat’ (*helical wing*) veya ‘dönen kanat’ (*rotating wing*) anlamına gelen Yunanca kelimelerden türetilmiştir.
- Dönen kanat (ana rotor), bir helikopterin tasarımına ve boyutuna bağlı olarak iki veya daha fazla paladan (bıçak / pâl / *blade*) oluşabilir. Her kanat uçak kanadına benzer bir profile (kesite) sahiptir.
- Diğer kanat profilleri için geçerli olan tüm aerodinamik prensipleri aynı şekilde helikopter rotor pâlleri için de geçerlidir.

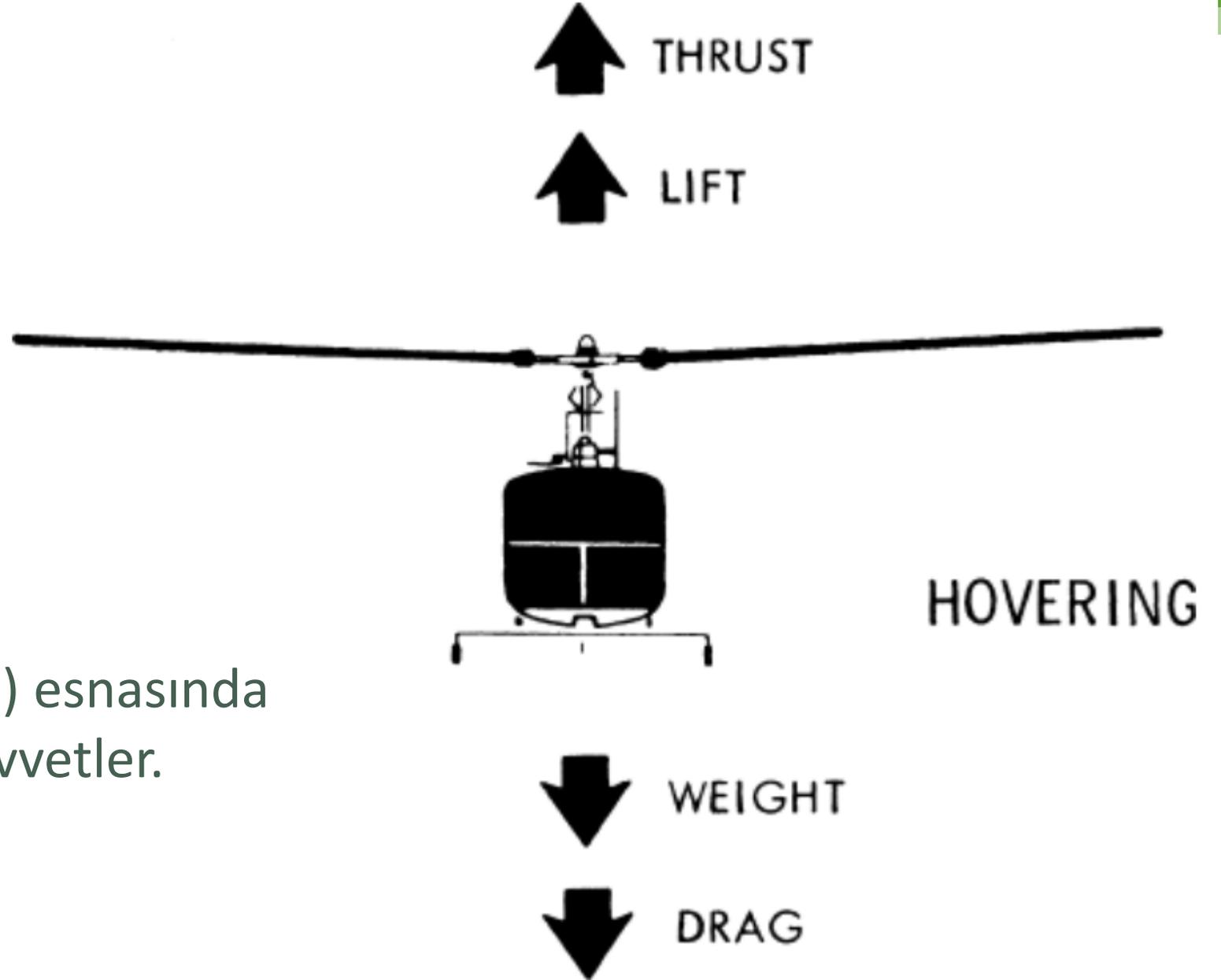
Helikopter Uçuşu

- Helikopter, geleneksel bir uçağın uçuşunu yöneten aynı aerodinamik ilkelere göre uçar. Ancak bu ilkeler helikopter için farklı uygulanır.
- **Helikopter, aynı dört kuvvete tabidir:** Taşıma, ağırlık, itme ve sürüklenme. Taşıma, helikopterin ağırlığını destekler; itme, sürüklenmenin üstesinden gelir ve helikopter istenilen yönde hareket eder.
- Taşıma vektörü, **yere dik ve paralel bileşenlere ayrılırsa**, bir helikopteri desteklemek için **dikey kaldırma bileşeni ve yönlü uçuş üreten yatay bir itme bileşeni** ortaya çıkar.

Helikopter Uçuşu

- Helikopter **rotor eğimi yönünde hareket** edecektir.
- Bir helikopter, baş istikametine göre herhangi bir yönde uçabilir.
- Ayrıca, düz yukarı hareket edebilir veya dümdüz aşağıya doğru veya sabit kalabilir.
- Helikopter sabit uçuş halindeyken havada asılı durabilir. Bu durum hover / **hovering** adını alır.
- İleri, geri veya yanlamasına uçuş için rotor, uçmak istenilen yönde eğilmelidir (**tilt** / *tilted*).

Helikopter Uçuşu

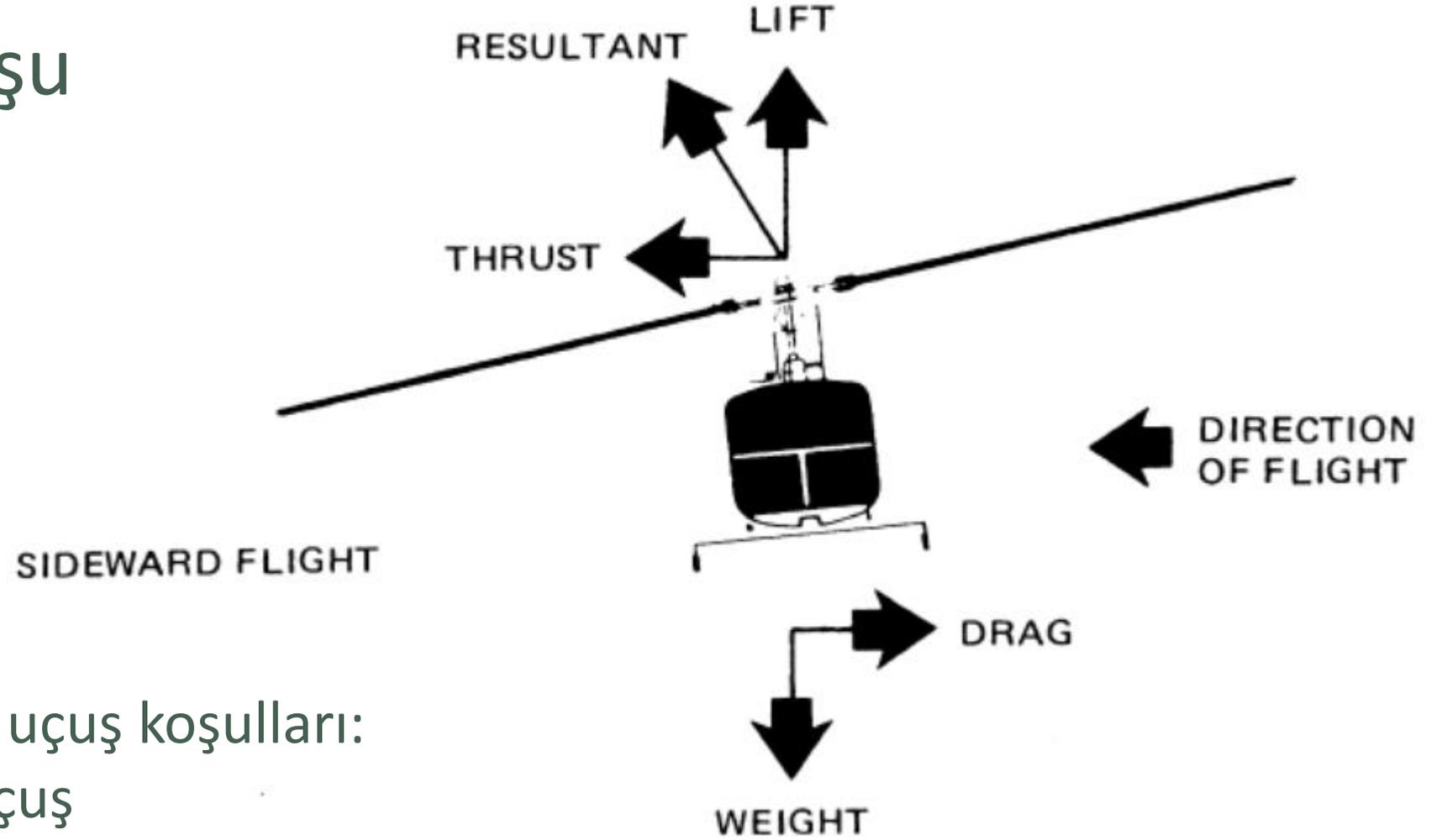


- *Hovering* (havada durma) esnasında helikoptere etki eden kuvvetler.

Helikopter Uçuşu

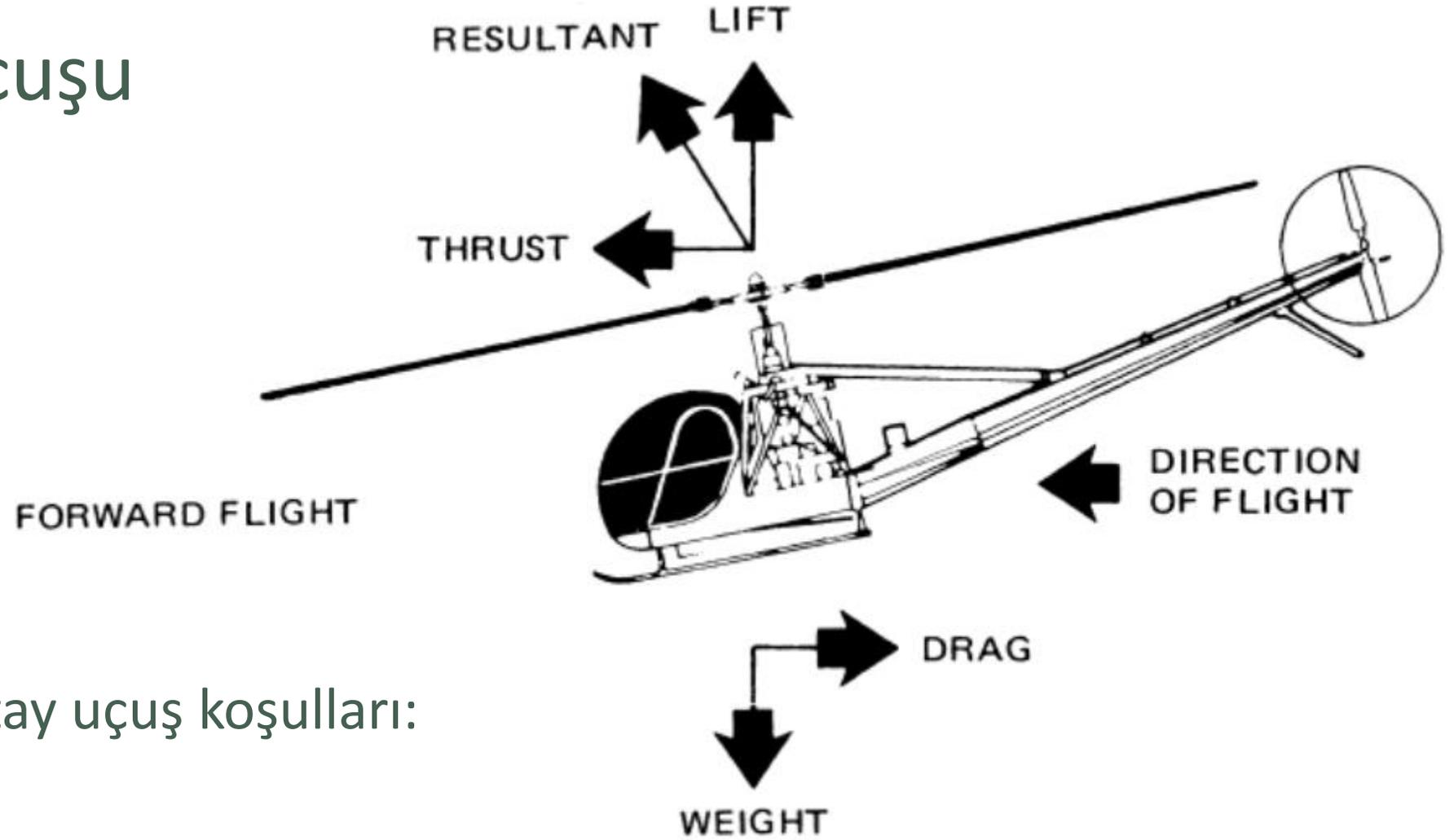
- Helikopter rüzgarsız bir durumda havada asılı kalırsa, rotorun dönüş düzlemi yatayla veya düz zemin ile paraleldir.
- *Hovering* sırasında, helikopterin taşıma ve itme kuvvetlerinin toplamı, ağırlık ve sürüklemenin toplamına eşittir.
- Dikey uçuş sırasında, taşıma ve itme toplamı, ağırlık ve sürüklemenin toplamından daha büyük olduğunda, helikopter yükselir.
- Ağırlık ve sürüklemenin toplamı, taşıma ve itme kuvvetinin toplamından daha büyükse, helikopter alçalacaktır.

Helikopter Uçuşu



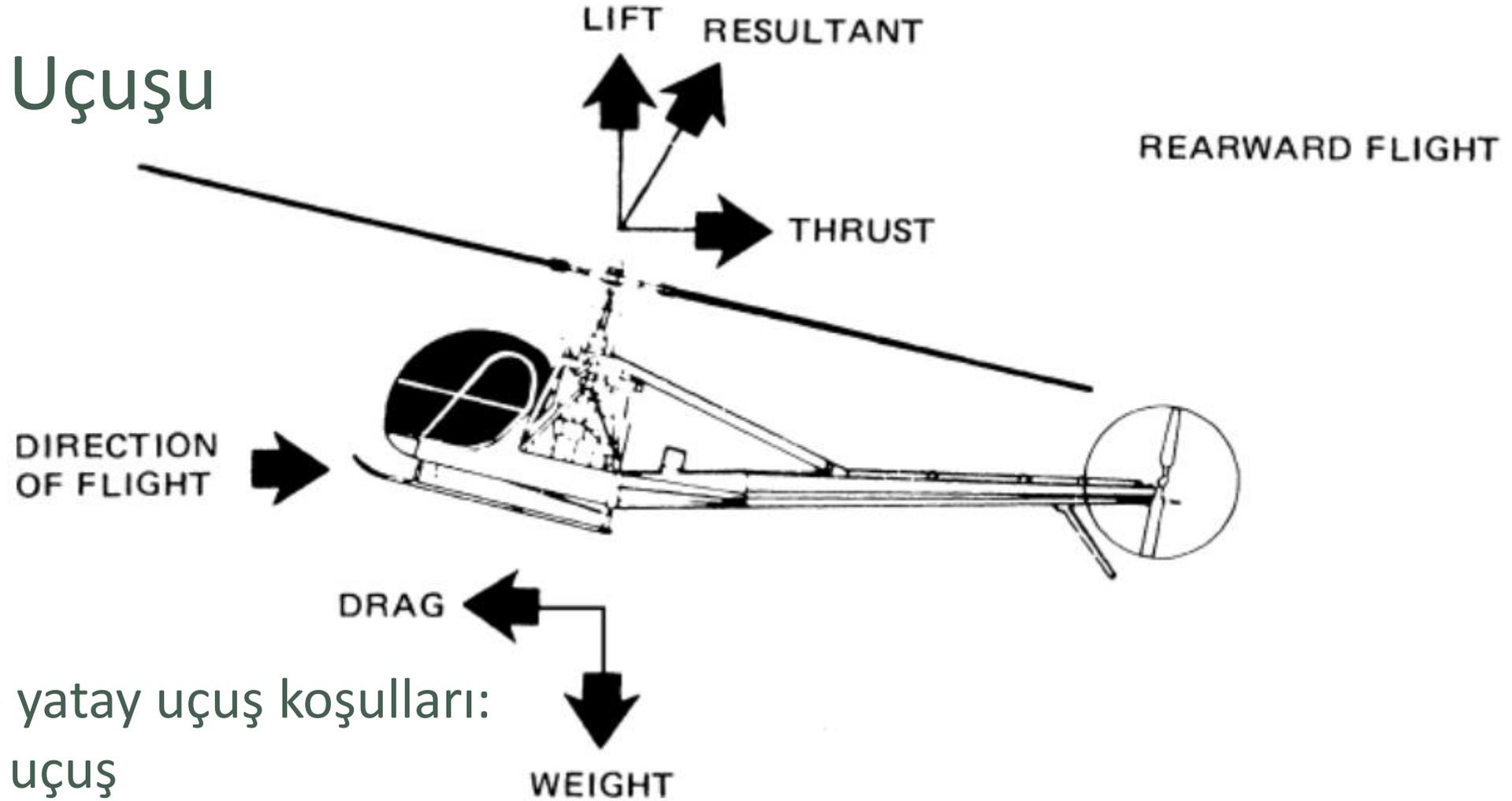
- Helikopterde yatay uçuş koşulları:
Yana doğru (yan) uçuş
[*sideward flight*]

Helikopter Uçuşu



- Helikopterde yatay uçuş koşulları:
İleri doğru uçuş
[forward flight]

Helikopter Uçuşu



- Helikopterde yatay uçuş koşulları:
geriye doğru uçuş
[*rearward flight*]

Helikopter Uçuşu

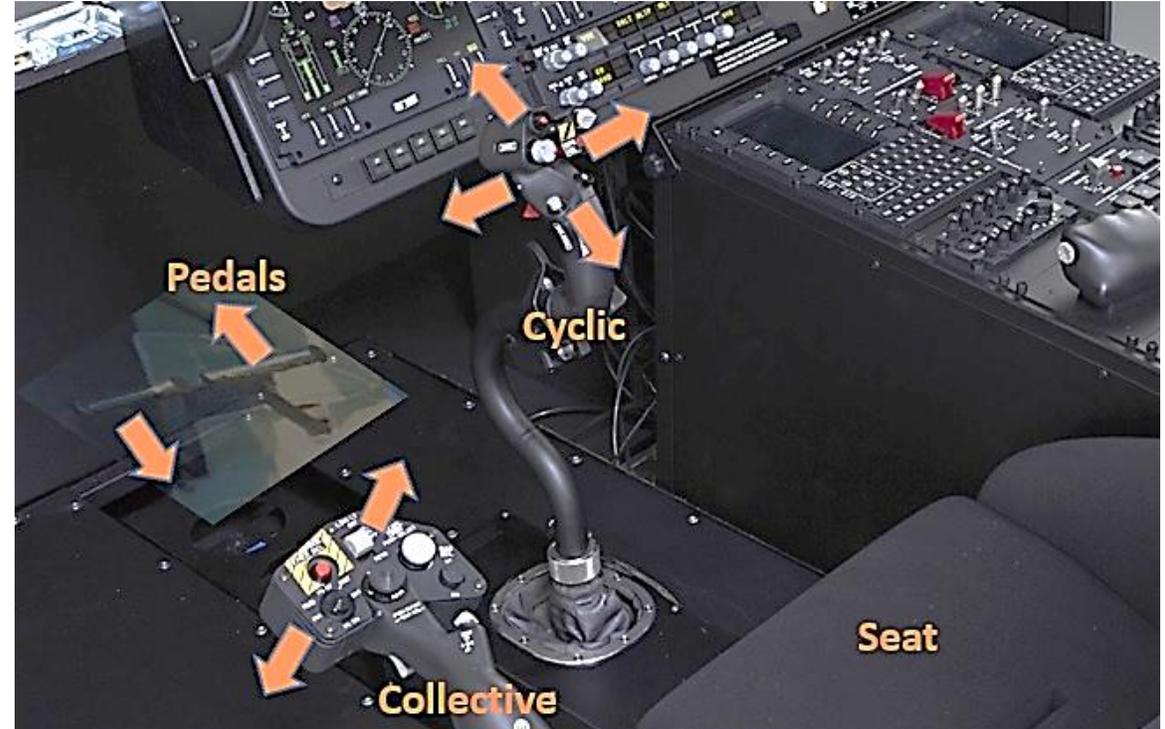
- İleri uçarken, rotor, resimde gösterildiği gibi öne doğru eğilir (*tilt*).
- Helikopter ileri doğru düz ve sabit irtifada uçuyorsa, itme (*thrust*) yatay yöndeki sürüklemeye (*drag*) eşit veya bundan daha büyüktür ve taşıma (*lift*), dikey yönde ağırlığa (*weight*) eşittir.
- Helikopter arkaya, yana doğru veya herhangi bir başka yatay yönde uçarken, itme kuvveti aracın hareket yönünde etki ederken sürüklenme kuvveti harekete ters yönde etki eder.
- Taşıma ve ağırlık her zaman dikey doğrultudadır.

Helikopterler

Helikopter Uçuş Kontrolleri

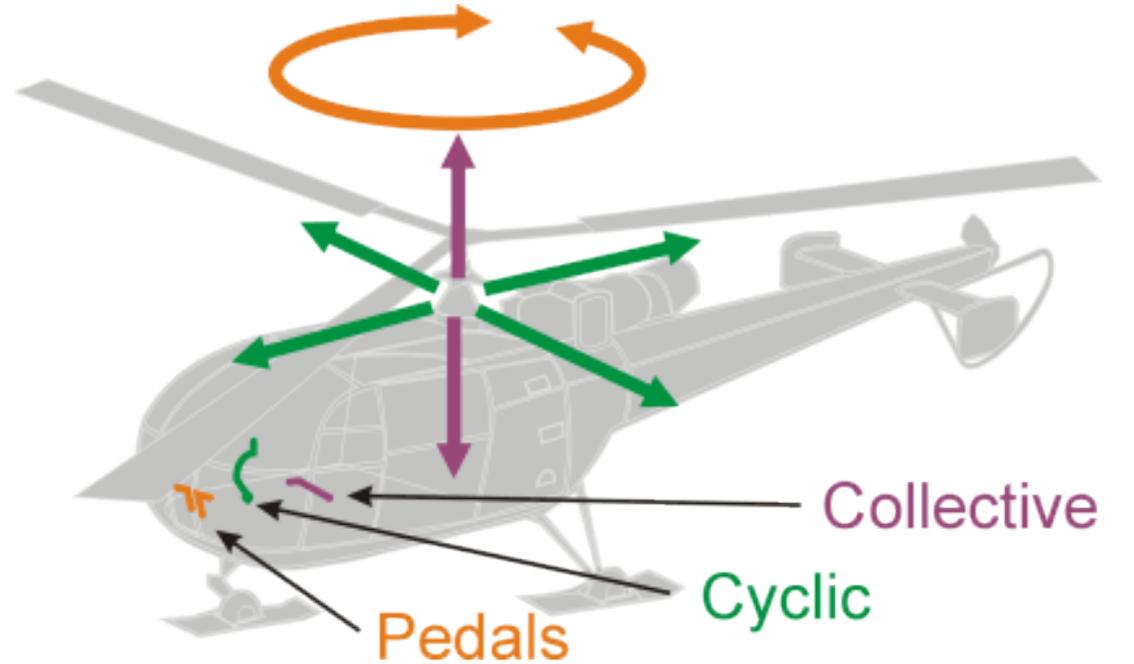
Helikopter Uçuş Kontrolleri

- Çoğu helikopter dört ana kontrol içerir: *Collective*, *longitudinal cyclic*, *lateral cyclic*, *pedals*.
 - Kollektif (*collective*),
 - Boylamasına dögüsel (*long. cyclic*),
 - Yanal dögüsel (*lateral cyclic*),
 - Anti-tork pedallar (*pedals*).



Helikopter Uçuş Kontrolleri

- Çoğu helikopter dört ana kontrol içerir: *Collective*, *longitudinal cyclic*, *lateral cyclic*, *pedals*.
 - Kollektif (***Collective***),
 - Öne – Arkaya (*long. **cyclic***),
 - Sağ Yana – Sol Yana (*lateral **cyclic***),
 - Düşey ekseninde dönüş (***Pedals***).



Helikopter Uçuş Kontrolleri

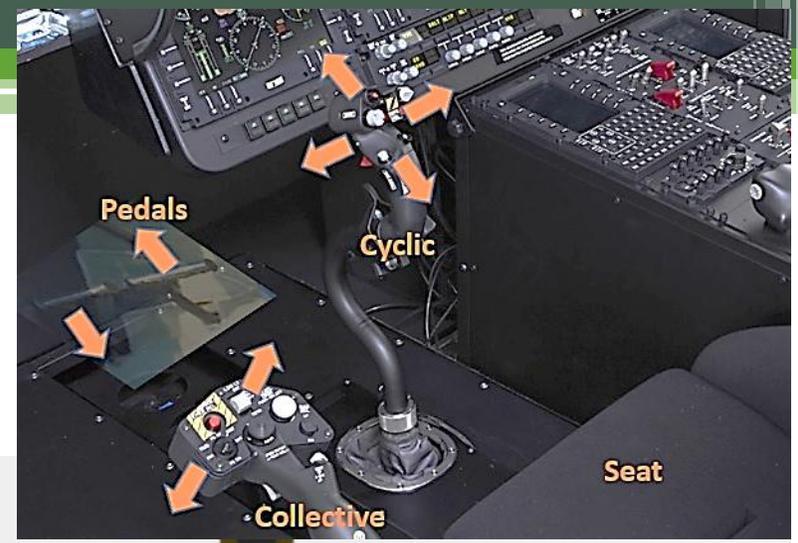
- *Collective pitch control*
- *Twist grip throttle*
- *Cyclic pitch control*
- *Antitorque pedals*

Cyclic, helikopterin ileri, geri, sola ve sağa hareket etmesini sağlayan ana rotor kanatlarının hücum açısını değiştiren kontrolü ifade eder. **Collective**, ise tüm ana rotor kanatlarının hücum açısını aynı anda değiştiren, helikopterin irtifa kazanmasına veya kaybetmesine olanak sağlayan kontrolü ifade eder.



Helikopter Uçuş Kontrolleri

- Pilot, **kollektif kontrolü sol elinde** tutar ve helikopteri tırmandırmak için yükseltir (ve helikopteri alçaltmak için indirir). Pilotun **sağ eli**, hava aracını uzunlamasına eksen ve yanal eksen etrafında yalpalamak için uzunlamasına ve yanlara hareket ettirdiği döngüsel (*cyclic*) kontrolü kavrar. Pilotun ayakları, basıldığında aracı yalpalayan, sapma, (*yaw*) pedallara dayanır.



Helikopter Uçuş Kontrolleri

Cyclic

- *Cyclic* kolu ileri itildiğinde helikopter burnu aşağıya yönelir, geri çekildiğinde aracın burnu yukarı kalkar.
- *Cyclic* kolu sola itildiğinde helikopterin gövdesi sol yana yatar, sağa itildiğinde aracın gövdesi sağ yana yatar.

(In the context of helicopters, a cyclic pitch refers to the control that changes the angle of attack of the main rotor blades, which allows the helicopter to move forward, backward, left, and right. A collective pitch, on the other hand, refers to the control that changes the angle of attack of all the main rotor blades at the same time, which allows the helicopter to gain or lose altitude. Collective controls power like the gas pedal, up and down. Cyclic controls are like the steering Wheel. The Pedals turn the tail left and right.)



Cyclic pulled Forward



Cyclic Pulled Backward



Cyclic Moved On The Left



Cyclic Moved On The Right

Helikopter Uçuş Kontrolleri

- Daha büyük helikopterlerde, pilota bu kontrollerde yardımcı olmak ve iş yükünü azaltmak için genellikle bir otomatik uçuş kontrol sistemi (AFCS) bulunur.



Helikopter Uçuş Kontrolleri

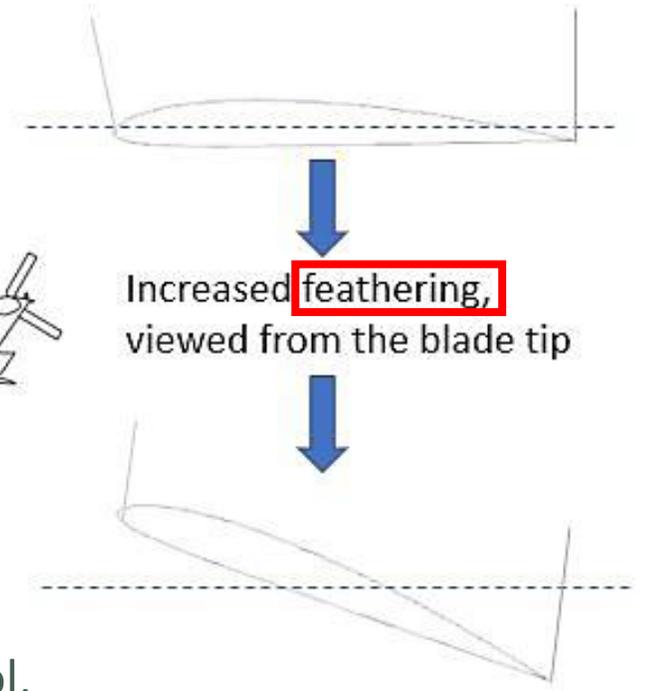


Örnek Görseller:

MD500 tipi helikopter kokpiti

Helikopter Uçuş Kontrolleri

Feathering



- Geleneksel bir helikopterde, **kollektifi yükseltmek**, ana rotor kanatlarının **eğim (hatve) açısını artırır**. Pala eğimini uçak kanat eğiminden ayırt etmek için, genellikle pala eğiminden **feathering** olarak bahsedilir. Kollektif kontrol, döngüsel kontrollerin aksine, tüm ana rotor kanatlarına aynı miktarda *feather* yapar. *Feather* açısı, kanat aerodinamiğini etkiler. Spesifik olarak, kollektifi yükseltmekle ilişkili daha yüksek *feathering*, kaldırmayı ve dolayısıyla ana rotor itişini artırır. Artan itme, çoğunlukla helikopteri yukarı çeker. Yan etki olarak, aerodinamik sürtünme de collective/feathering geçişi ile artar. Bu, motor gücünü artırır ve eksen dışı bir yalpalama tepkisi ile sonuçlanır. (ileri uçuş sırasında *feathering* hareketi rotor dönüşüne bağlı olarak devamlı tekrarlanır.)

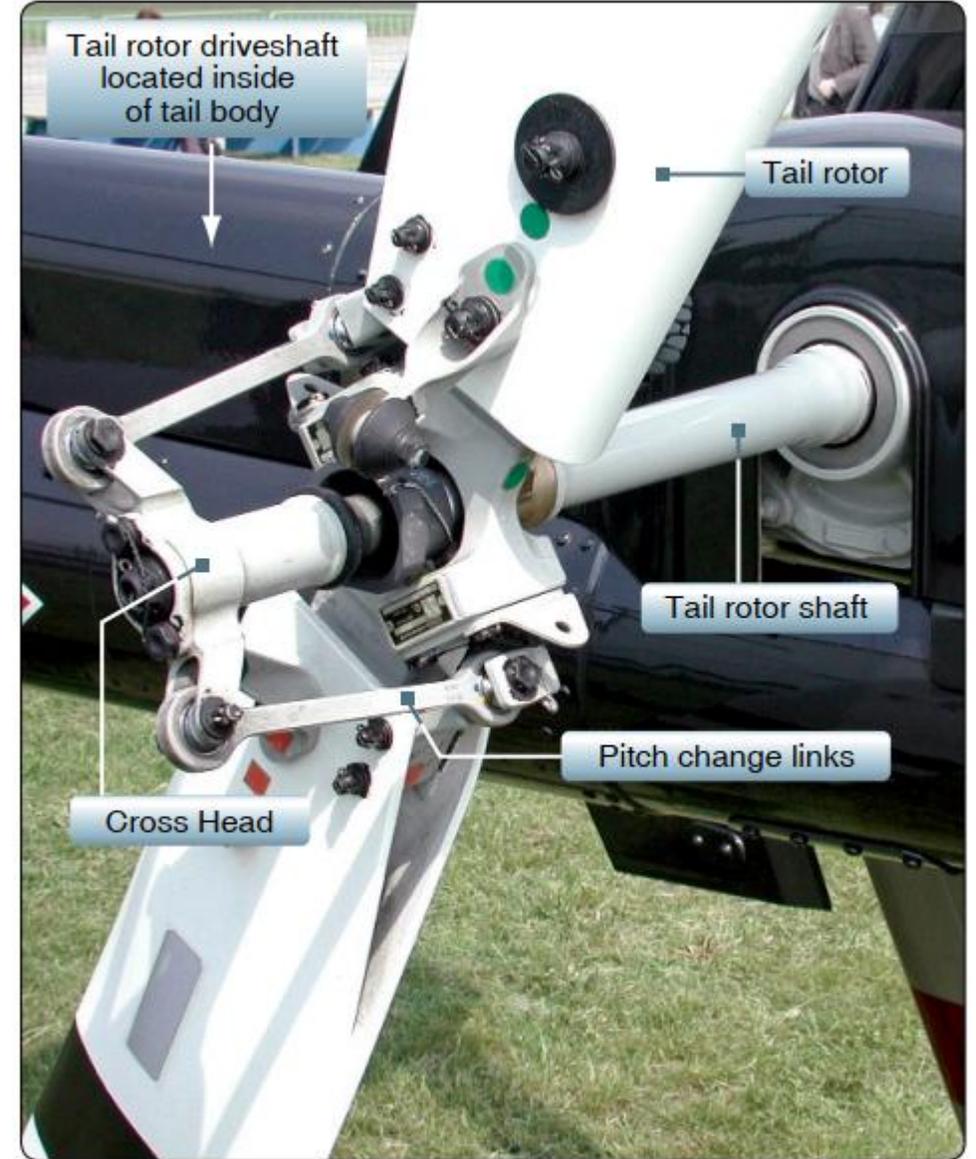
Helikopter Uçuş Kontrolleri / Pedallar

- Pedallar, helikopterin yaw/sapma yönünü kontrol eder. Pilot sol pedala bastığında helikopterin burnu sola, sağ pedala basıldığında burnu sağa döner. Diğer kontrollerin aksine, **pedallar ana rotoru etkilemez. Pedal hareketleri kuyruk rotor kanatlarını ayarlar.** Kollektif kontrole benzer, ana rotor yerine yalnızca kuyruk rotoruna uygulanır.
- Amerikan helikopterlerindeki kuyruk rotorları tipik olarak sağa doğru itme üretir. Bu, ana rotorların saat yönünün tersine dönmesi gerçeğinden kaynaklanmaktadır (yukarıdan bakıldığında). Sol pedala basıldığında, itişi artırmak için kuyruk rotoru *feathering* yapar. Bu itme, kuyruğu sağa doğru iter ve bu da helikopterin burnunu etkin bir şekilde sola döndürür. Aynı şekilde, **sağ pedala basmak kuyruk rotorunun pala açısını azaltır (*decrease feathering*) ve burnu sağa döndürür.**

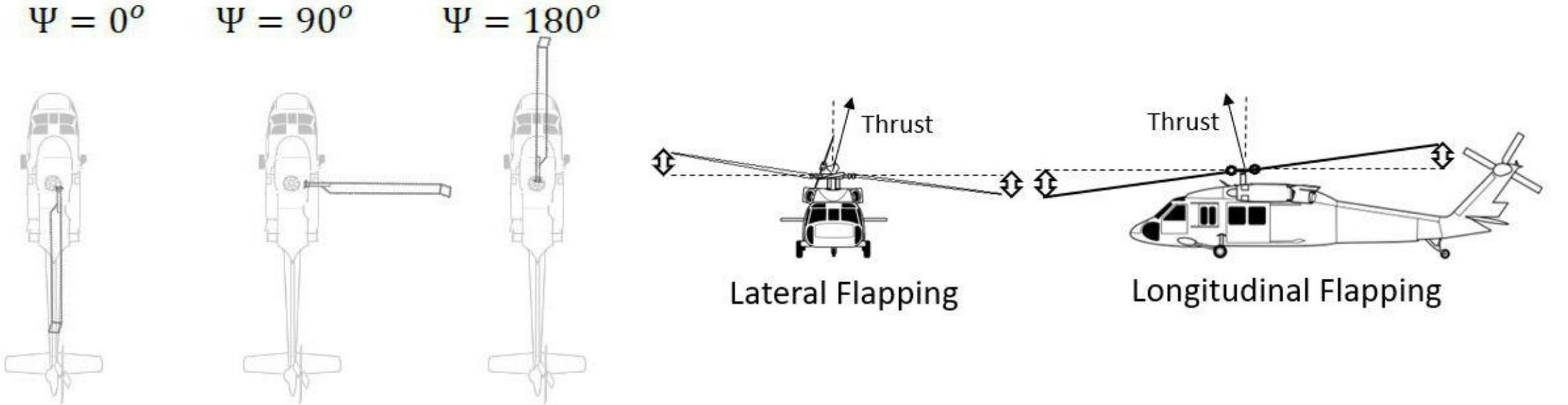
Helikopter Uçuş Kontrolleri Pedallar – Kuyruk Rotoru

Örnek Görsel: Temel kuyruk rotoru bileşenleri

- Hatve ayarlama çubukları (*pitch change links*)
- Kuyruk rotoru şaftı (*tail rotor shaft*)
- Kuyruk pervanesi (*tail rotor*)

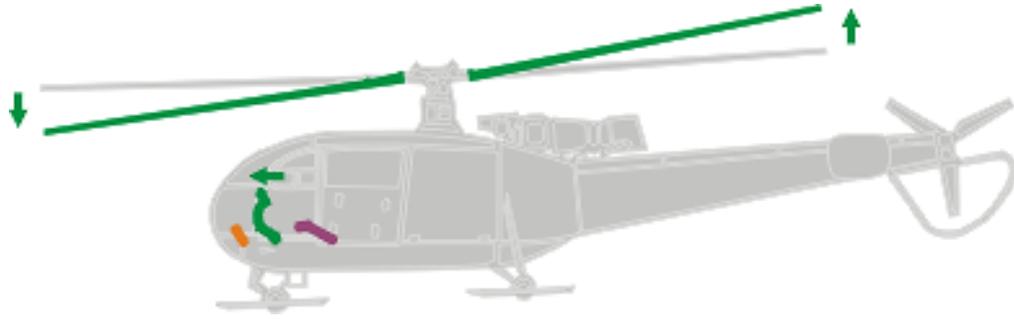


Helikopter Uçuş Kontrolleri / *Cyclic* (Döngüsel)



- Döngüsel kontrolü ileri doğru hareket ettirmek ve burnu aşağı eğmek de helikopterin hava hızını artırmasına neden olur. Ana **rotor öne doğru eğildiğinde, itme kuvveti helikopteri bir pervane gibi ileri doğru çeker**. Elbette bu, daha az itme kuvvetinin dikey olarak hareket etmesi ve böylece helikopterin hızlanması anlamına gelir. Benzer şekilde, zaten ileri uçuyorsa, çubuğu kuyruk tarafına hareket ettirmek hava hızını düşürür ve aracın tırmanmasına neden olur. (*Blade Flapping*: <http://www.helistart.com/rotordiscforwardv.aspx#Flapping>)
- Kontrolü sağa hareket ettirmek ve sağ tarafı aşağı döndürmek, helikopterin sağa doğru hızlanmasına neden olur. Bu kontrol ayrıca, **ileri uçuşta aracı yeni bir istikamete döndürmek için pedallarla birlikte kullanılır**.

Helikopter Uçuş Kontrolleri / *Cyclic*



(a)



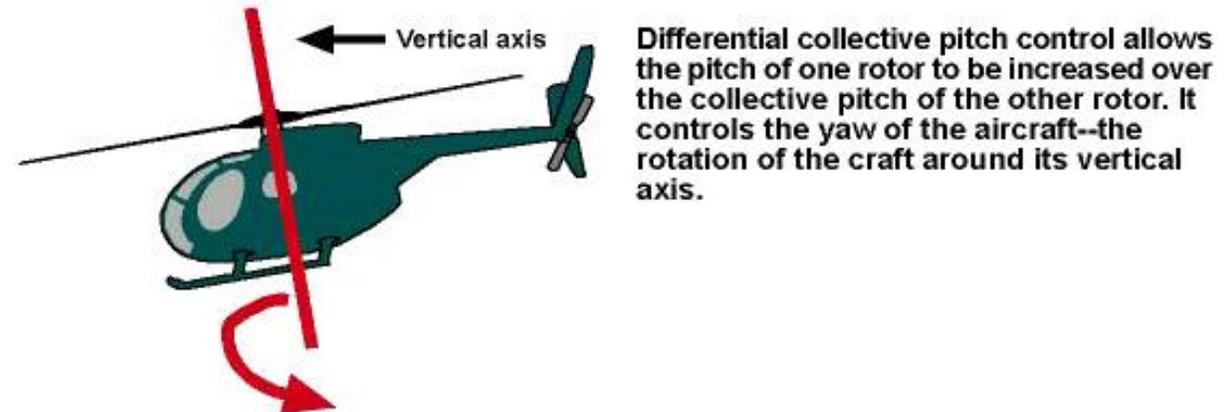
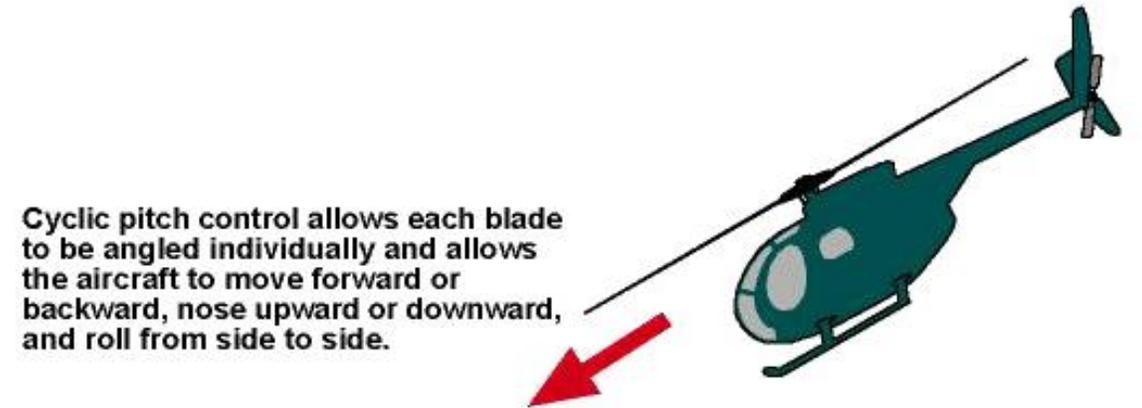
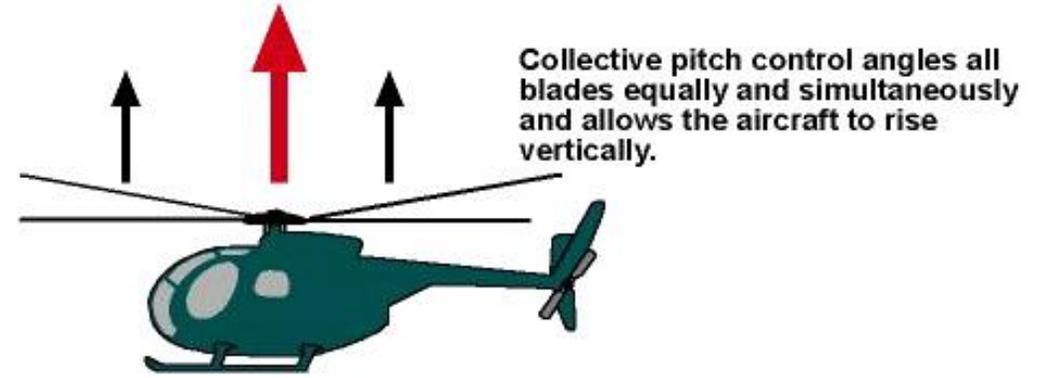
(b)

- *Cyclic* ileri doğru itildiğinde, rotor kanatlarının geliş açısı bir dönüş sırasında sürekli olarak değişir. Değişen taşıma kuvveti nedeniyle rotor kanadı düzlemi öne doğru eğilir. Pilot cyclic'i geriye doğru çektiğinde doğal olarak araç arkaya doğru eğilir (Şekil a). *Longitudinal Flapping*
- Pilot cyclic'i sağa veya sola ittiğinde, araç sağa veya sola eğilir. Rotor kanadı düzlemleri de ilgili taraflara doğru eğilir (Şekil b). *Lateral Flapping*

Helikopter Uçuş Kontrolleri

Pitch Control (Hatve Kontrol)

- Bir helikopterin üç tür pal hatvesi (*pitch*) kontrolü vardır: Kollektif, döngüsel ve diferansiyel.
- Bir helikopterdeki paller, aracın hareket yönünü kontrol etmek için farklı şekillerde eğimlenir veya açılır.



Helikopter Uçuş Kontrolleri

Pitch Control (Pala Hatve Kontrol)

Üç tür hatve kontrolü: Döngüsel (*cyclic pitch*), kollektif (*collective pitch*) ve diferansiyel kollektif (*differential collective pitch*) hatve ayarıdır.

- **Döngüsel hatve**, rotorun her dönüşünde kanatların bireysel açısıdır. Bu, helikopterin burnunu yukarı veya aşağı hareket ettirme veya aracı bir yandan diğer yana yuvarlamayı (*roll*) etkiler.
- **Kollektif hatve**, tüm palaların uyum içinde eşit miktarda açı almasıdır. Pilot, dikey olarak yükselmek (*vertical ascend*) için kollektif hatve kontrolünü kullanır.
- **Diferansiyel kollektif hatve**, helikopterin sapma/yalpalamasını (*yaw*), yani aracın sağa veya sola dönme hareketini etkiler. Diferansiyel kollektif hatve kontrolü, bir rotorun kollektif hatvesinin diğerinin kollektif hatvesine göre arttırılmasına olanak tanır. Bu, bir rotorda diğerinden daha fazla direnç ve daha fazla tork üreterek aracı dikey eksenini etrafında döndürür.

Helikopterler

ROTOR

Helikopter **Rotorunun** Çalışmasını Etkileyen Koşullar

Genellikle döner kanat olarak adlandırılan ana rotor, dikkate alınması gereken bir dizi özel koşula tabidir:

- Merkezkaç kuvveti
- Taşıma/kaldırma asimetrisi
- Jiroskopik presesyon (yalpalama)
- Tork
- Coriolis etkisi

Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

- Bir helikopter havalanmadan önce ve rotor dönerken, merkezkaç kuvveti rotor kanatlarına etki eden ana kuvvettir. Rotor kanatları yatay konumdadır.
- Kanat eğimi arttıkça ve rotora güç uygulandıkça, pallerdeki taşıma kuvveti artar ve helikopter yükselir.
- Pallerdeki taşıma, pal uçlarının yatayın üzerine çıkmasına ve dönerek konik bir yörünge izlemesine neden olur. Bu etkiye rotor kanatlarının kıvrılması (**coning**) adı verilir.
- Dengeleme kuvveti, rotor dönüşü tarafından üretilen merkezkaç kuvvetidir. Devir (rpm) arttıkça merkezkaç kuvveti artar.

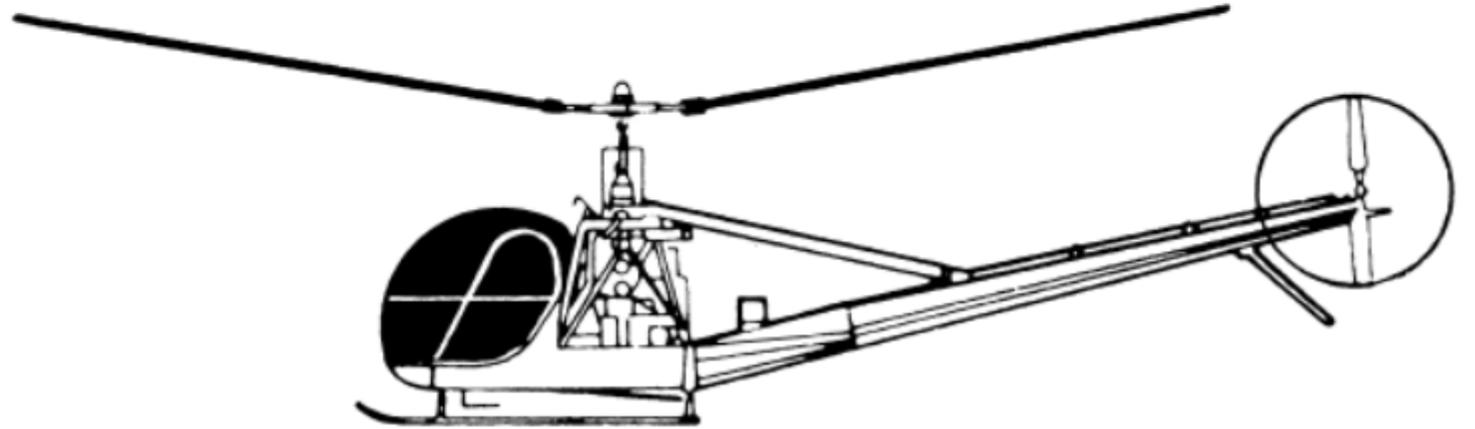
Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

- Merkezkaç kuvveti, kanadı yatay bir düzlemde tutmaya çalışırken, taşıma kuvveti gösterildiği gibi yukarı doğru bir kuvvet uygular.
- Merkezkaç kuvveti hakimdir ve pal, dikeyden yataya daha yakın bir pozisyon alır. Taşıma, merkezkaç kuvvetinin yaklaşık% 10'una eşittir.
- Paller, bu iki kuvvetin denge noktasında bir koni açısına (*coning*) ulaşır. **Konik açı**, pal yüklemesine göre değişir. Hafif yüklü bir helikopterin konik açısı, daha fazla taşımanın gerekli olduğu ağır yüklü bir helikoptere göre daha azdır.

Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

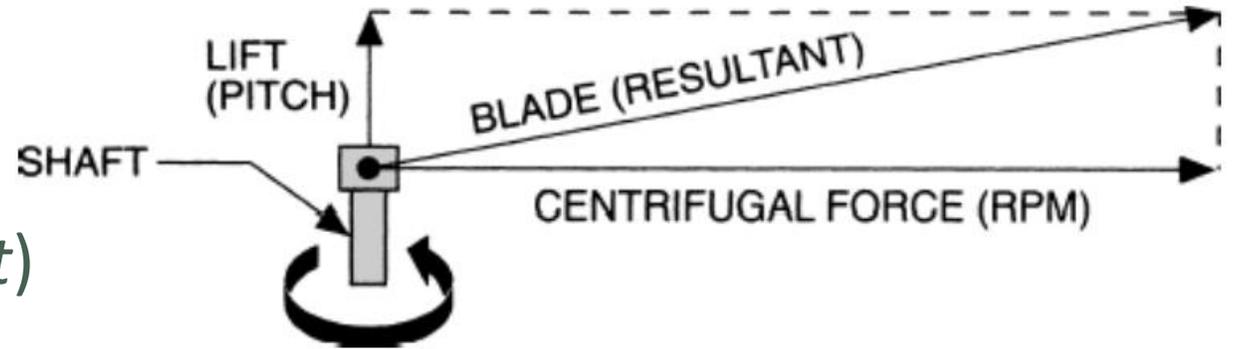
- Konik Açı

[*coning of rotor blades*]



Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

- Taşıma (kaldırma / *lift*) ve merkezkaç (*centrifugal force*) kuvvetlerinin bileşkesi (*resultant*)

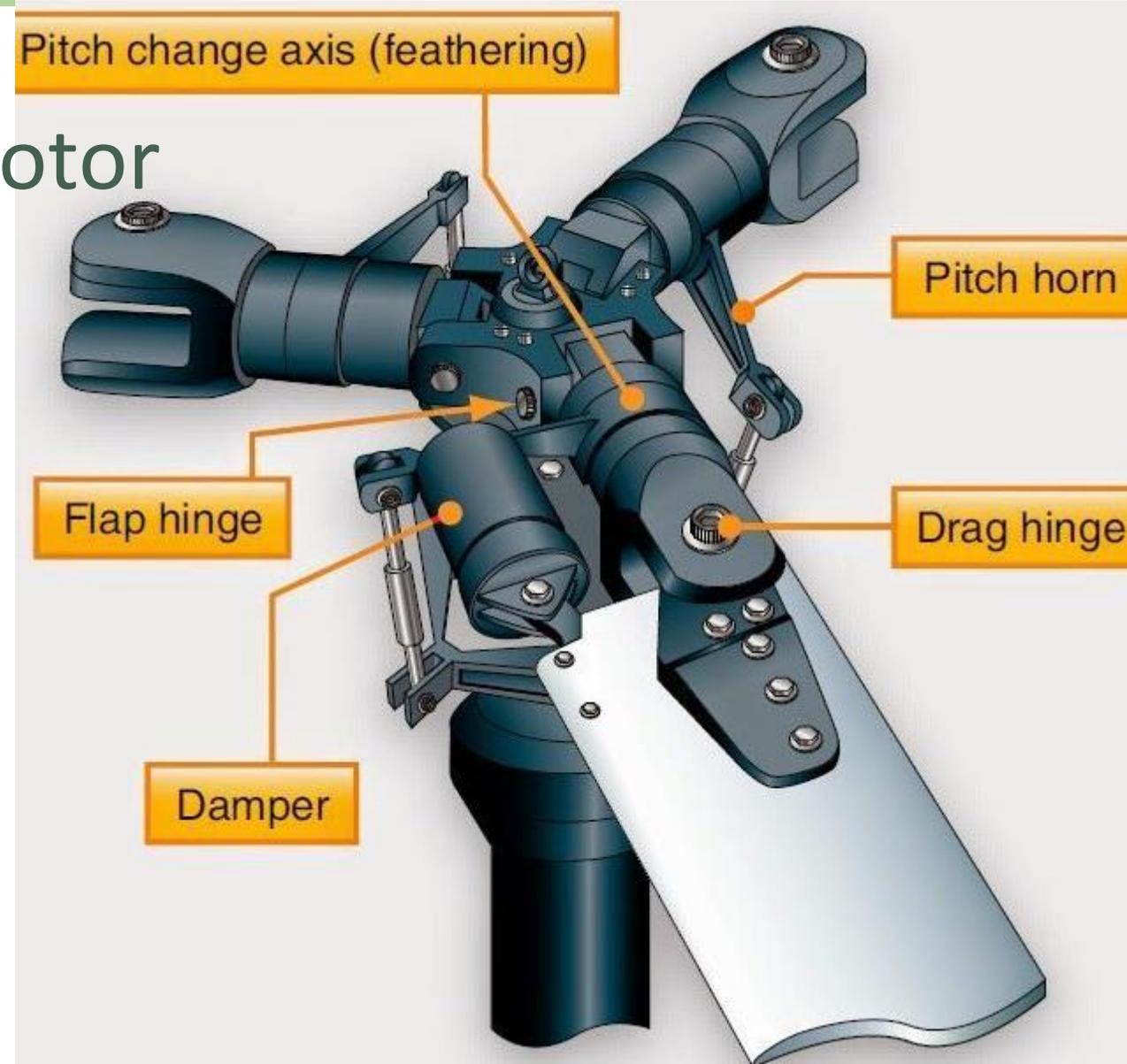
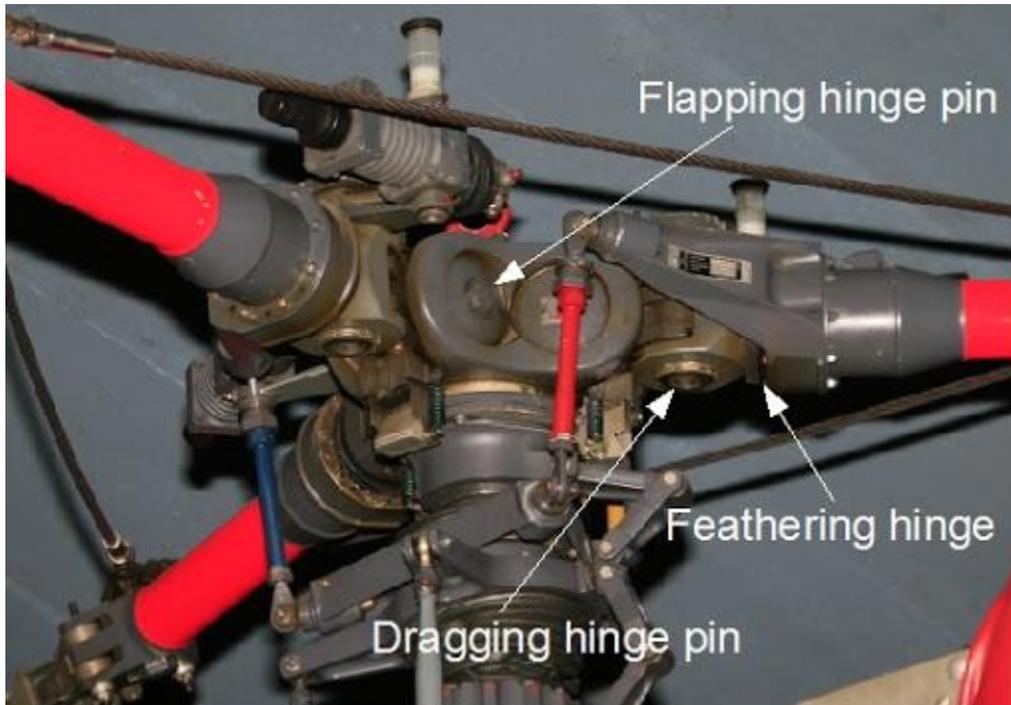


Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

- Bir helikopter, menteşelere (*flapping hinges*) sahip mafsallı bir rotorla (*articulated rotor*) donatıldığında, kanatlar, konik pozisyonda düz kalırlar.
- Rotorda kanatlı menteşe/mafsal yoksa, sert (katı / rijit / *rigid*) veya yarı sert (*semirigid*) rotor adını alan yapıdaki paller, helikopterin uçuşu sırasında sınırlı miktarda eğilir (bükülür). Rotorun dönme düzlemine genellikle uç-yörünge (*tip-path*) düzlemi denir.

Helikopter / Articulated Rotor

- *Örnek Görseller:* Flap Hinge



Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

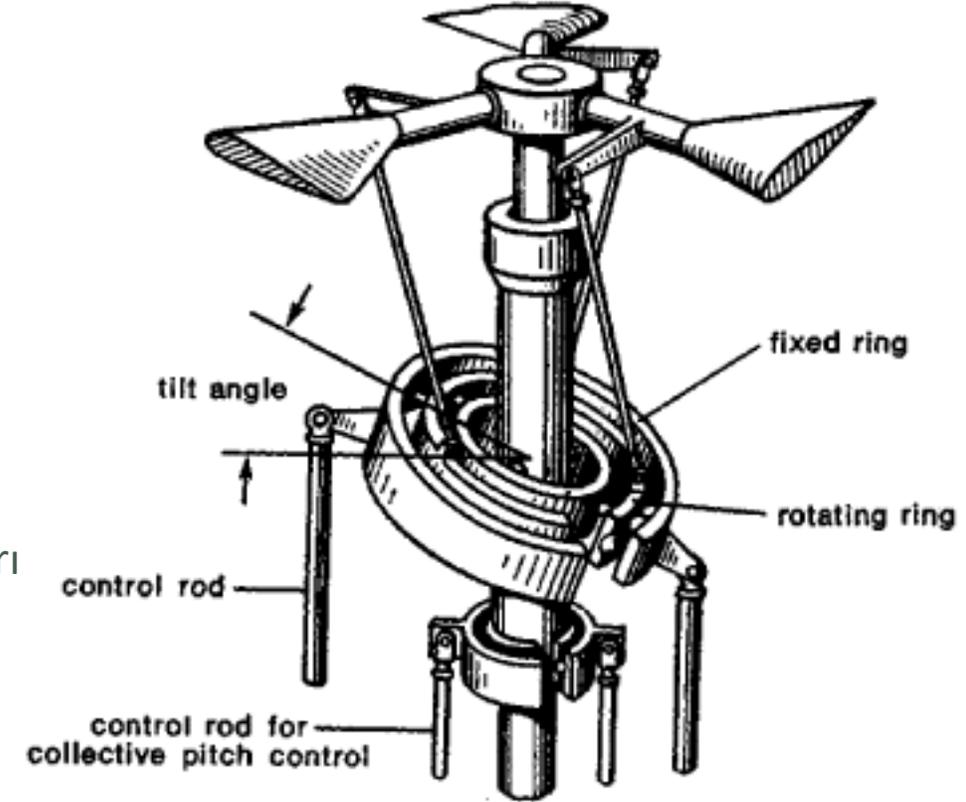
Taşıma Kuvveti Asimetrisi:

- İlerleyen ve geri çekilen rotor kanatlarının hava hızındaki fark, taşıma asimetrisi olarak adlandırılır.
- Simetrik olmayan taşıma, helikoptere yükselme ve sola yuvarlanma eğilimi verir. Bu etki, kanat çırpıma izin veren ve döngüsel hatve kontrol sistemli (*cyclic pitch control system*) rotor tasarımı ile telafi edilir.
- Mafsallı bir rotor, her bir kanadın kökündeki menteşeler vasıtasıyla kanatların yukarı ve aşağı hareket etmesine izin verir. Helikopter yatay uçarken, ilerleyen bir palde artan kaldırma, kanat çırpmasına neden olur.

Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

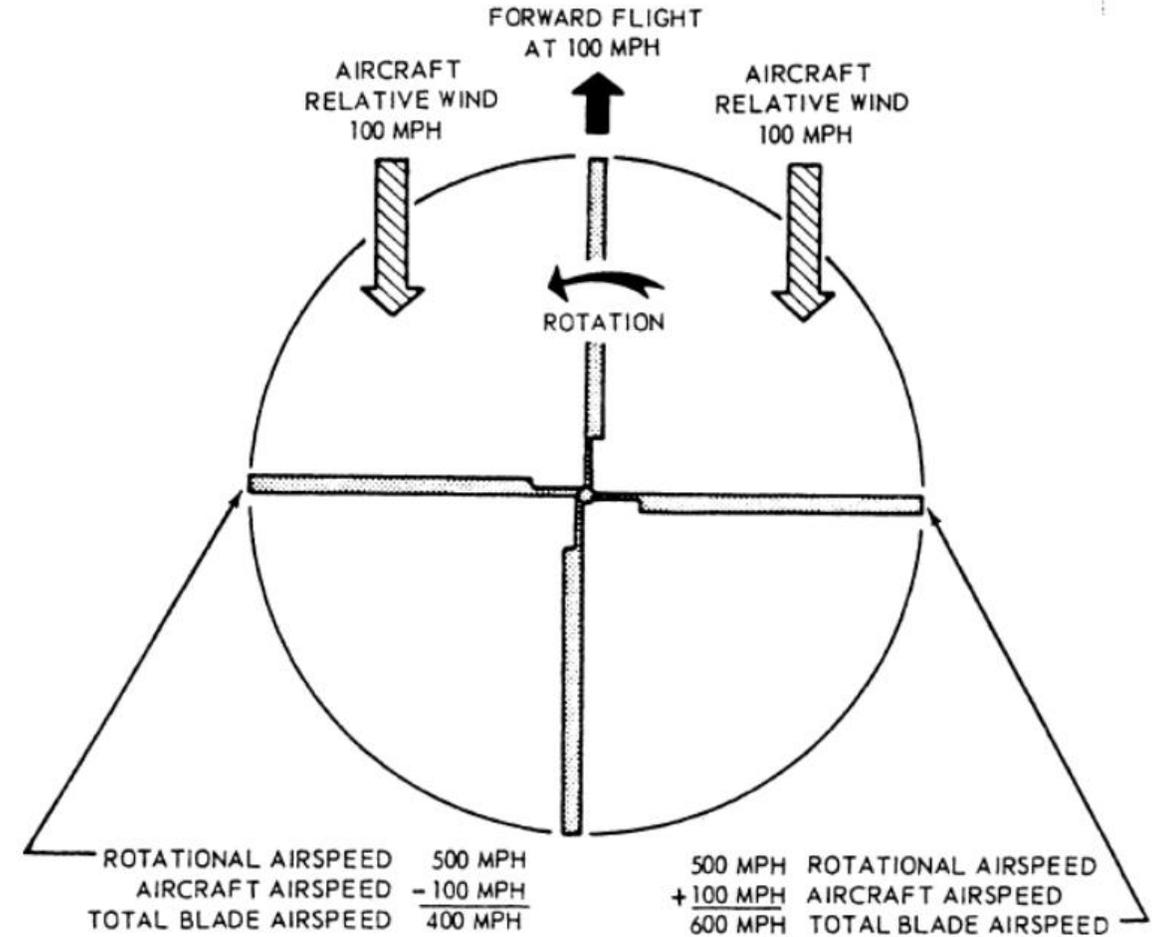
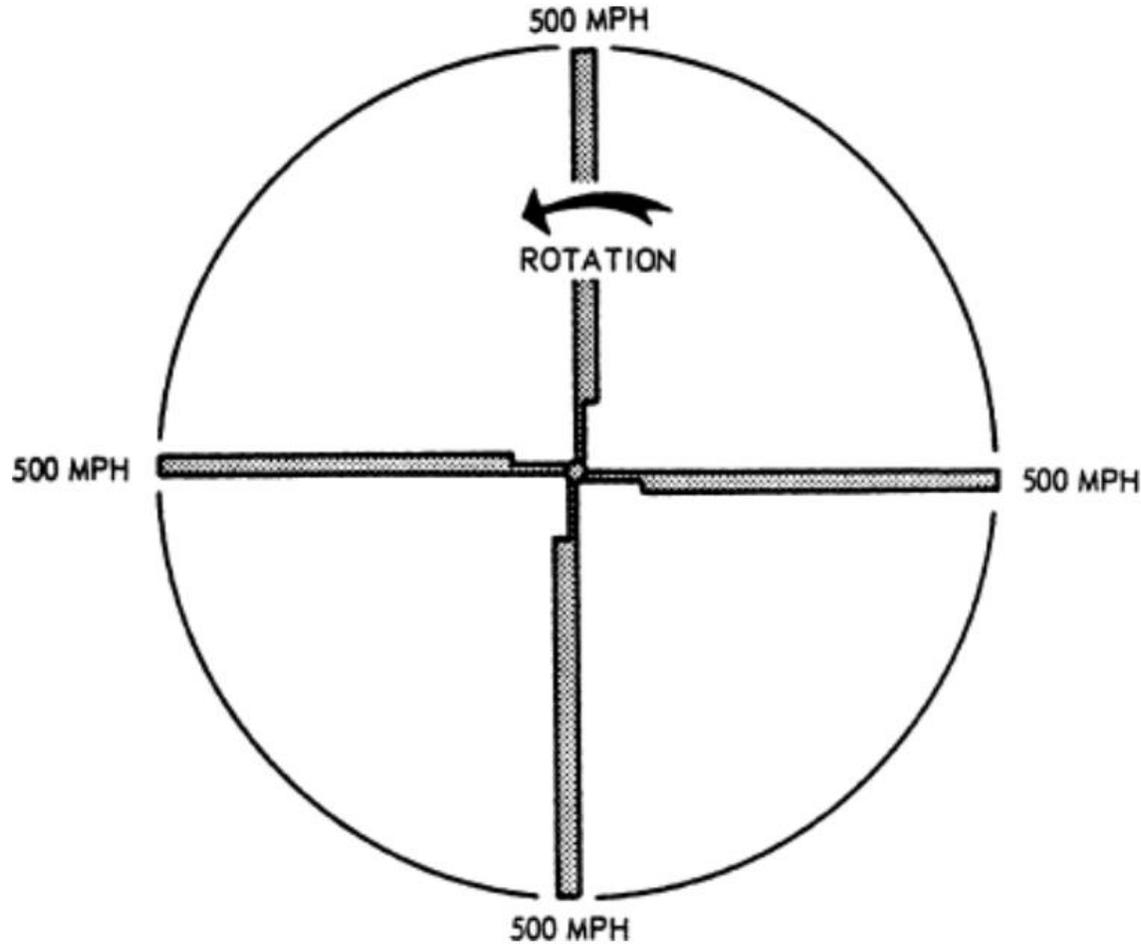
Taşıma Kuvveti Asimetrisi:

- Rotorun geri çekilmesi aşağı doğru kanat çırpılarak daha büyük bir hücum açısı üretir ve taşıma artar. İlerleyen pal üzerindeki azalmış taşıma ve geri çekilen pal üzerindeki artmış taşıma etkisinin birleşik etkisi, rotor diskinin iki tarafındaki taşımayı eşitleme eğilimindedir.
- Yarı sert bir rotor, göbeğe mafsallanmaz, ancak göbeğin kendisi, çırpınma eylemini üretmek için gereklidir. Böylece, ilerleyen pal yukarı doğru kanat çırpıtığında, geri çekilen pal aşağı doğru kanat çırpılmaktadır.
- *Cyclic pitch control*, ilerleyen kanadın hücum açısını azaltır ve geri çekilen kanadın hücum açısını artırır. Toplam etki, rotorun bir tarafındaki taşımanın diğer taraftakine eşit hale getirir.



Helikopter / Rotor Çalışmasını Etkileyen Koşullar

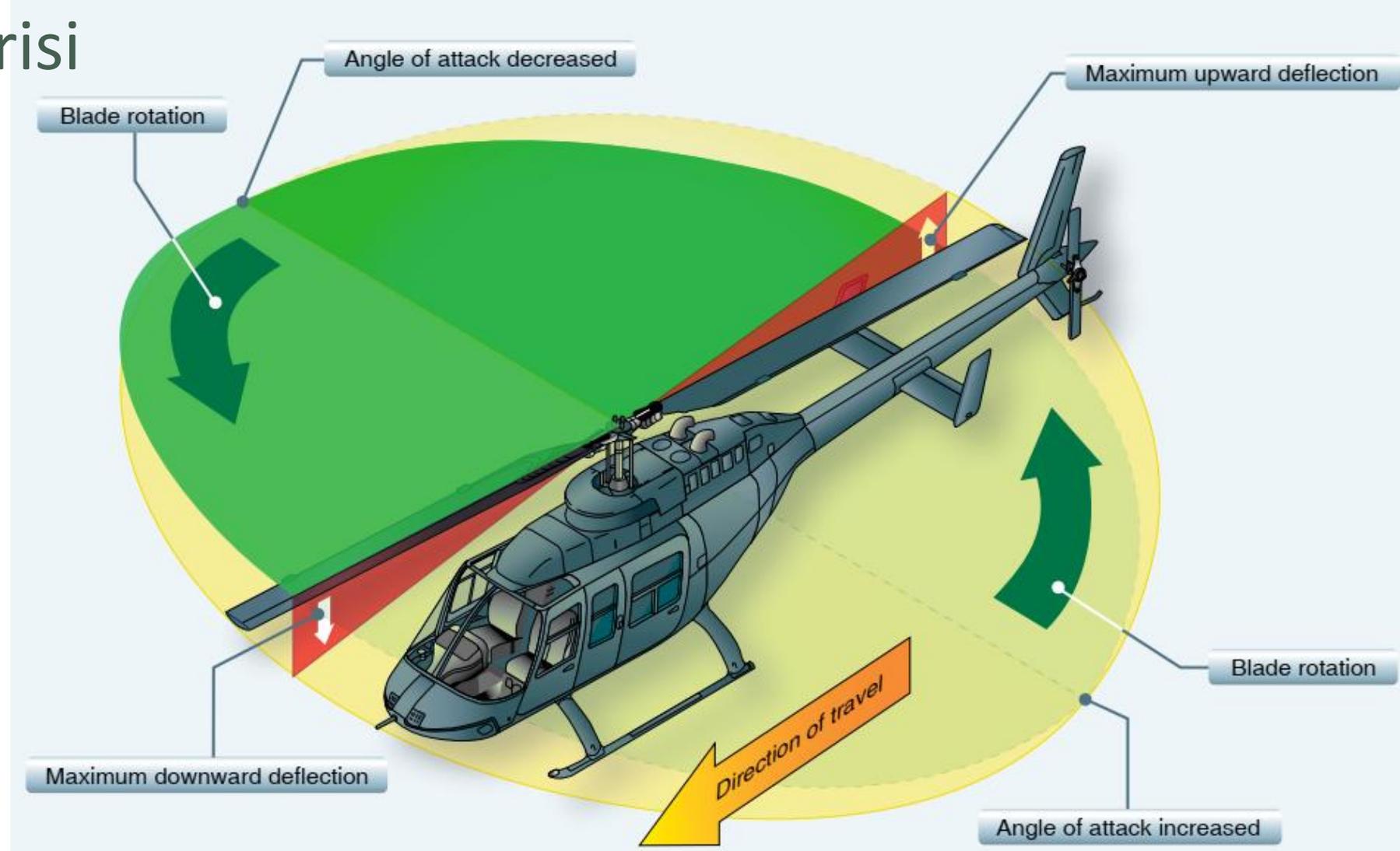
Taşıma Kuvveti Asimetrisi: Helikopterin durması ve ilerlemesi halinde pallerdeki hava hızları



Helikopter Rotor Taşıma Asimetrisi

Taşıma Kuvveti Asimetrisi:

- Her bir kanat, ana rotorun saat yönünün tersine dönüşünde soldaki 90° konumu geçtiğinde, maksimum artış oluşur. Her kanat 90° pozisyonu sağa geçerken, geliş açısında maksimum azalma meydana gelir. Maksimum sapma 90° sonra gerçekleşir - maksimum yukarı sapma arkada ve maksimum aşağı sapma önde - ve kanat ucu yol düzlemi öne doğru eğilir.



Helikopter Rotor / Taşıma Kuvveti Asimetrisi (1)

Dissymmetry of Lift:

- Taşıma asimetrisi, rotor diskinin ilerleyen ve geri çekilen yarımları arasındaki farklı (eşit olmayan) taşıma kuvvetleri ve her bir yarım boyunca farklı rüzgar akış hızlarından kaynaklanır. Taşımadaki bu fark, sakin bir rüzgarda havada süzülme dışında herhangi bir durumda helikopterin kontrol edilemez olmasına neden olacaktır.
- Taşıma simetrisine ulaşmak için bu eşit olmayan kaldırmayı telafi etmenin, düzeltmenin veya ortadan kaldırmanın bir yolu olmalıdır. Helikopter havada hareket ettiğinde, ana rotor diskinden geçen bağıl hava akışı, ilerleyen tarafta geri çekilen taraftan farklıdır. İlerleyen kanadın karşılaştığı bağıl rüzgar, helikopterin ileri hızıyla artarken, geri çekilen kanadın üzerine etki eden bağıl rüzgar hızı, helikopterin ileri hava hızıyla azalır. Bu nedenle, bağıl rüzgar hızının bir sonucu olarak, rotor diskinin ilerleyen kanat tarafı, geri çekilen kanat tarafına göre daha fazla kaldırma kuvveti üretebilir.

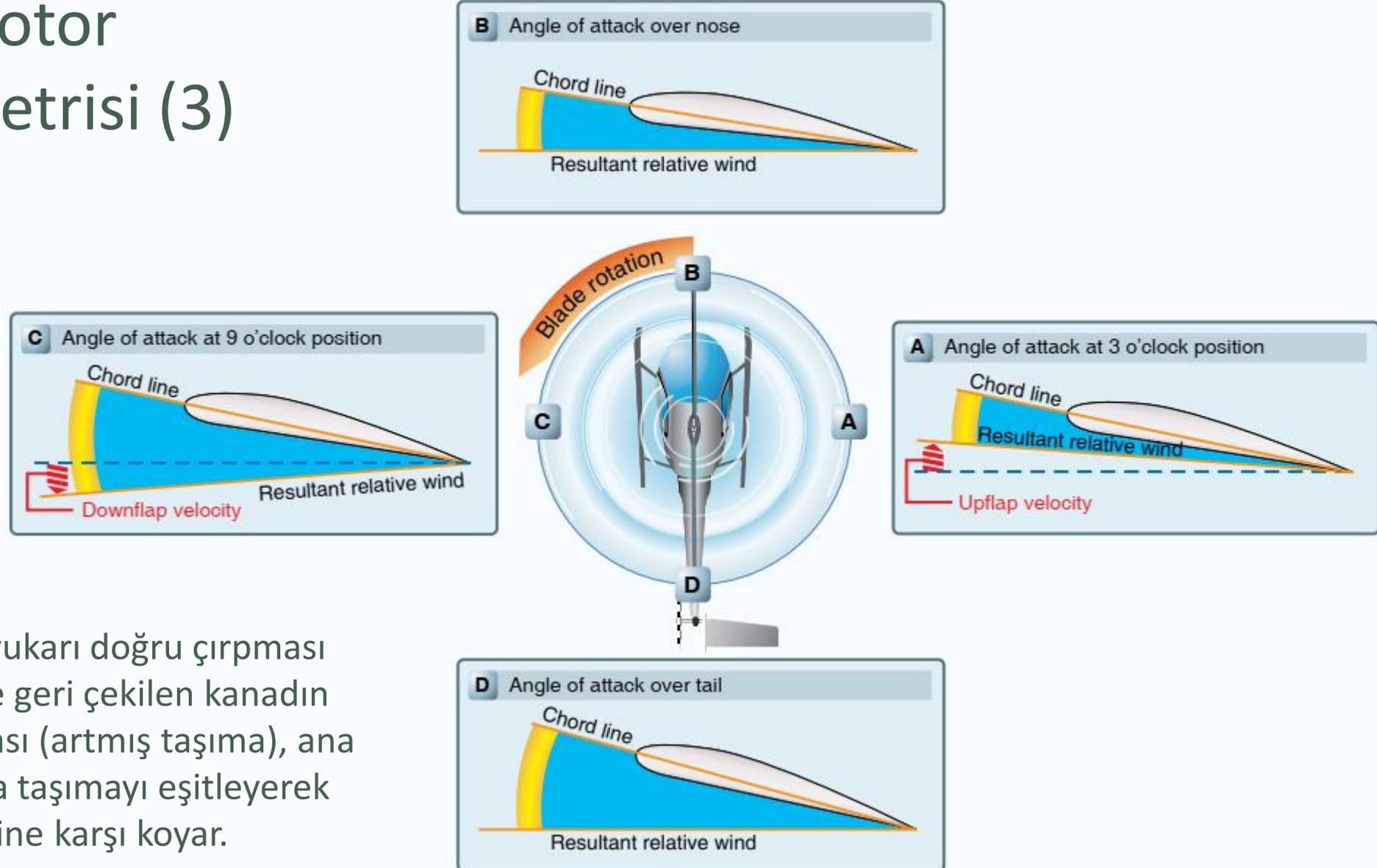
Helikopter Rotor / Taşıma Kuvveti Asimetrisi (2)

Dissymmetry of Lift:

- Taşıma kuvveti asimetrisinin var olmasına izin verilirse, ana rotor kanadı saat yönünün tersine dönen bir helikopter, kaldırma farkından dolayı sola yuvarlanır.
- Gerçekte, ana rotor kanatları, rotor diski boyunca kaldırmayı eşitlemek için otomatik olarak kanat çırpar ve tüyler (*flap and feather*). Genellikle üç veya daha fazla kanatlı mafsallı rotor diskleri, bireysel rotor kanatlarının hareket etmesine veya dönerken yukarı ve aşağı *flap* yapmasına izin vermek için yatay bir menteşe (*flapping hinge*) içerir. Yarı-rijit bir rotor diski (iki palalı), kanatların tek bir ünite olarak flap yapmasına izin veren bir sallanan menteşe kullanır. Bir pala yukarı kalktığında, diğer pala aşağı doğru flap yapar.

Helikopter Rotor Taşıma Asimetrisi (3)

Dissymmetry of Lift:



- İlerleyen kanadın yukarı doğru çırpması (azalmış taşıma) ve geri çekilen kanadın aşağı doğru çırpması (artmış taşıma), ana rotor diski boyunca taşımayı eşitleyerek kaldırma asimetrisine karşı koyar.

Helikopter Rotor Taşıma Asimetrisi (4)

- Dönen bir helikopter kanadının hareketi sırasında, ilerleyen kanat üzerindeki hava akışının hızı, geri çekilen kanattan daha yüksektir ve bu da eşit olmayan miktarda bir kaldırma kuvvetinin üretilmesine neden olur. Buna kaldırma asimetrisi denir. Bu aerodinamik dengesizliği düzeltmek için, kanatların eşit miktarda kaldırma kuvveti üretmek için bir dizi kontrollü hareket yapmasına izin verilir. Bu eşitleme işlemine *flapping to equality* denir.
- Bu yuvarlanma eğilimini önlemek için ilerleyen kanadın hücum açısını azaltmak ve geri çekilen kanadın hücum açısını arttırmak gibi uygun yöntemler kullanılır.
- Kaldırma asimetrisi, çırpma (*flapping*) adı verilen bir işlemle rotor diski boyunca eşitlenir. Çırpma ile rotor kanatları (pala / pal / blade), hücum açılarını (AOA) artırmak veya azaltmak için dikey olarak hareket edebilir ve böylece tek bir kanat tarafından üretilen kaldırma kuvvetini artırır veya azaltır.
- **Flapping** / Kanat çırpma, kaldırma asimetrisini telafi etmek için kaldırmayı artırmak veya azaltmak için bir kanadın yukarı veya aşağı dikey hareketidir. Rotor diski boyunca kaldırmayı eşitlemek için, ilerleyen kanat yukarı ve geri çekilen kanat aşağı çırpılır. Kanat çırpma, bir kanadın hücum açısını değiştiren indüklenen akışla birlikte veya buna karşı hareket ederek ortaya çıkan bağıl rüzgarı değiştirir.

Helikopterler

Swash Plate

Helikopter / Rotor & Swash Plate

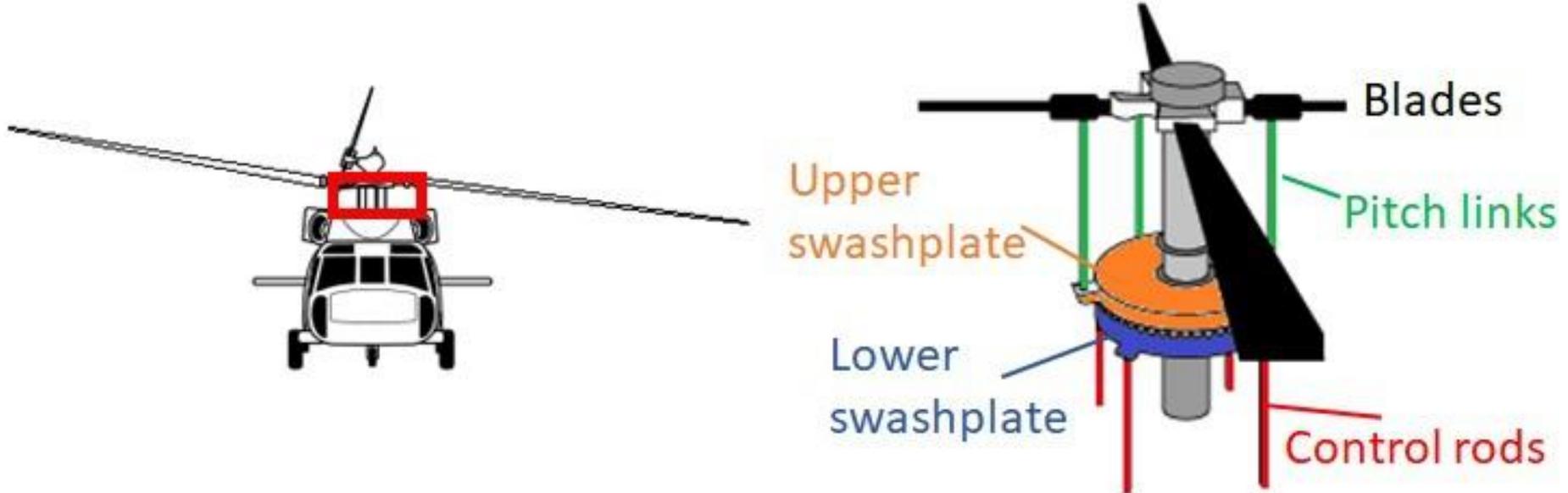
Swash Plate / Eğik Plaka (Oynak Plaka)

- Pallerde eğme ve yatırma hareketlerini (tilt) yaptıran bölümdür.
- Eğik levha/plaka, helikopter uçuş kontrolleri aracılığıyla yapılan girdileri ana rotor kanatlarının hareketine çeviren bir alettir.
- Eğik plaka, pilotun komutlarından üçünü dönmeyen (sabit) gövdeden, dönen ana rotor göbeğine ve oradan ana rotor kanatlarına iletmek için kullanılır.

Helikopter / Rotor & Swash Plate

Swash Plate / Eğik Plaka (Oynak Plaka)

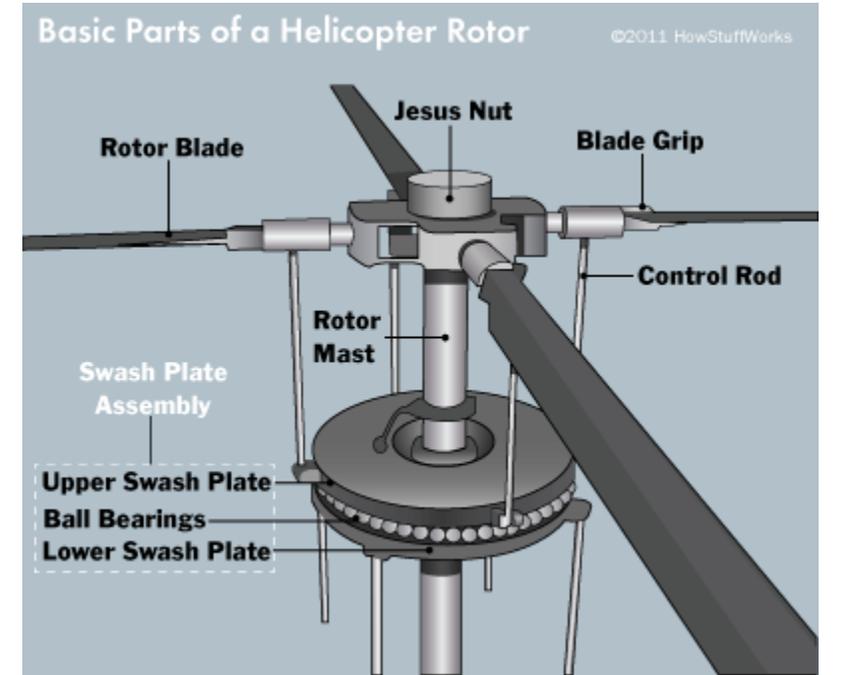
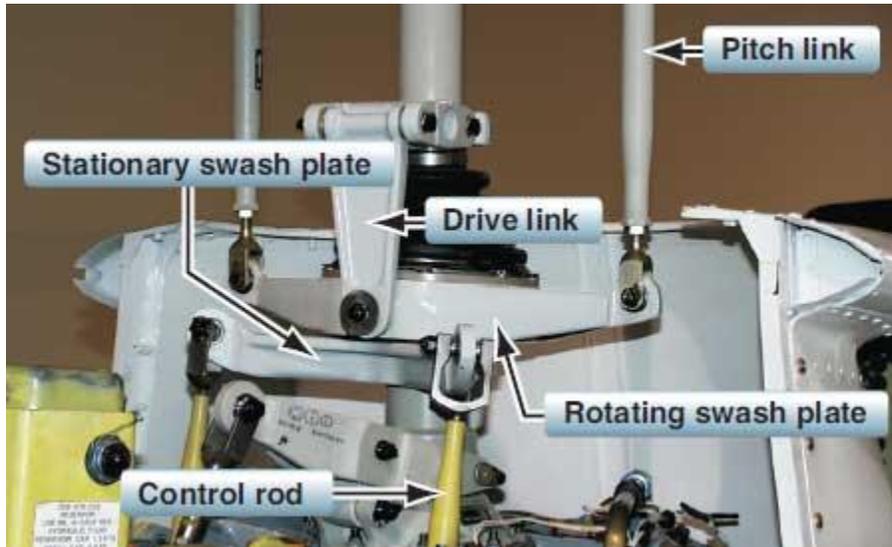
- Pallerde eğme ve yatırma hareketlerini (*tilt*) yaptıran bölüm



Helikopter / Rotor & Swash Plate

Swash Plate / Eğik Plaka (Oynak Plaka)

- Tilt hareketlerini yaptıran parçalar



Helikopter / *Swash Plate*

Swash Plate / Eğik Plaka (Oynak Plaka)

Örnek Video:

Bell 430 tipi helikopterin swash plate mekanizması

Hidroliklerin operasyonel işlevsel kontrolü

Kaynak: <https://www.instagram.com/p/CTQDhPDgvYG/> <https://www.instagram.com/helitechnician/>



Helikopter / *Swash Plate*

Swash Plate / Eğik Plaka (Oynak Plaka)

Örnek Video:

Bell 505 tipi helikopterin swash plate mekanizması

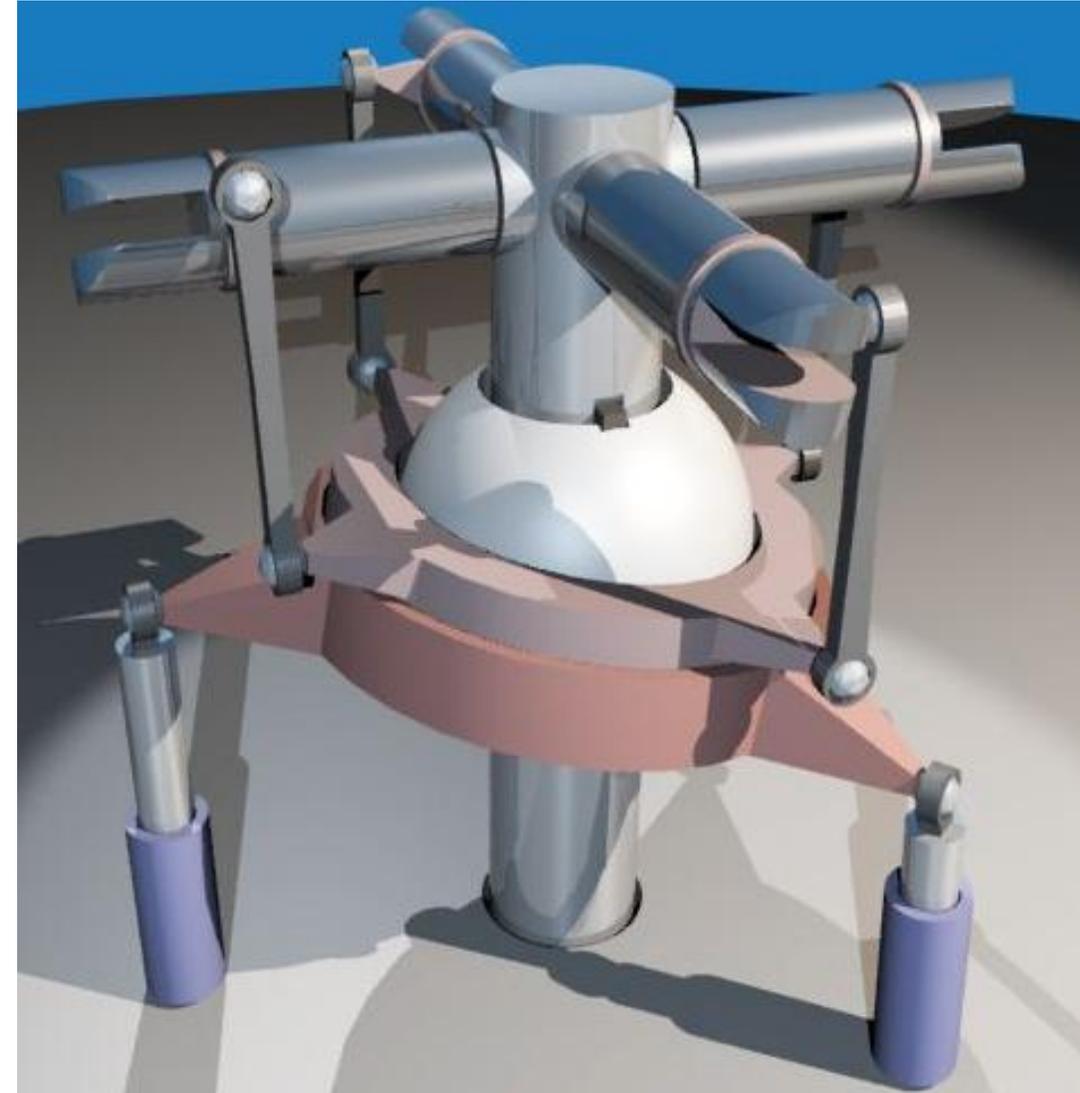
Hidroliklerin ve uçuş kontrollerinin denenmesi

Kaynak: <https://www.instagram.com/p/CTxpMd7goCv/> <https://www.instagram.com/helitechnician/>



Helikopter / Swash Plate

Tilted Swash Plate



Helikopter / *Swash Plate*

Örnek Animasyon



- Swash Plate düz konumda (dinlenme pozisyonu). (Soldaki animasyon)
- Negatif pala eğim (hatve) açısı (*pitch angle*) dolayısıyla aşağı kuvvete neden olan yükseltilmiş bir eğik plaka. Kontrol kollarının pallerin arka tarafında olduğuna ve yükseltilmiş eğik levhanın pala AOA'sını düşürdüğüne dikkat ediniz. (Ortadaki animasyon)
- Döngüsel pala açısı kontrolü (*cyclic pitch control*) sağlayan eğik bir swah plate. Dönme sırasında kanatların eğimindeki değişikliğe dikkat ediniz. (Sağdaki animasyon)

Kaynak: [https://en.wikipedia.org/wiki/Swashplate_\(aeronautics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Swashplate_(aeronautics))

Helikopter / Rotor & Swash Plate

Örnek Görsel: Tilted Rotor



Helikopter / Rotor

Örnek Görsel: Tilted Rotor

- Rotating swashplate
- Stationary swashplate
- Blade pitch change horn
- Pitch links (control rods)
- Rotor blade
- Control rod
- Drive link



Örnek Video: Rotor & Swash Plate

Rotor Blades & Swash Plate

<https://www.youtube.com/watch?v=rJb1EZtnzFk>

00:12 – 01:52

(How It Works Helicopter Blades)

Örnek Video: Rotor & Swash Plate

Rotor Blades &
Swash Plate

(How It Works Helicopter
Blades)



Örnek Video: Swash Plate

Oynak plaka animasyon

<https://www.youtube.com/watch?v=bj6fDrRT7Ag>

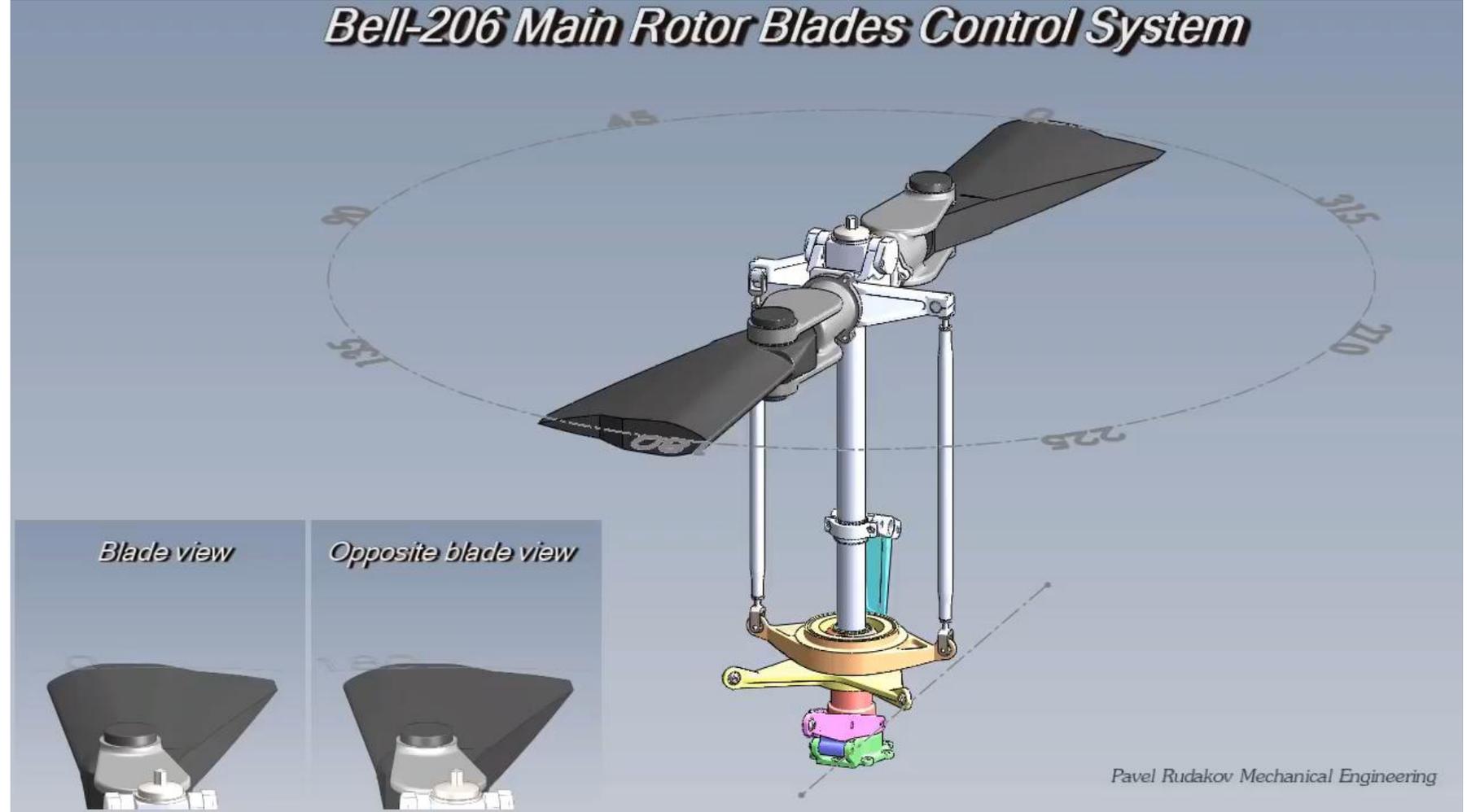
00:00 – 01:10

(Bell-206 Swashplate Function)

Örnek Video: Swash Plate

Oynak plaka
animasyon

(Bell-206 Swashplate
Function)



Örnek Video: Swash Plate

Oynak plaka hareketleri

<https://www.youtube.com/watch?v=PRgmkw82R7E>

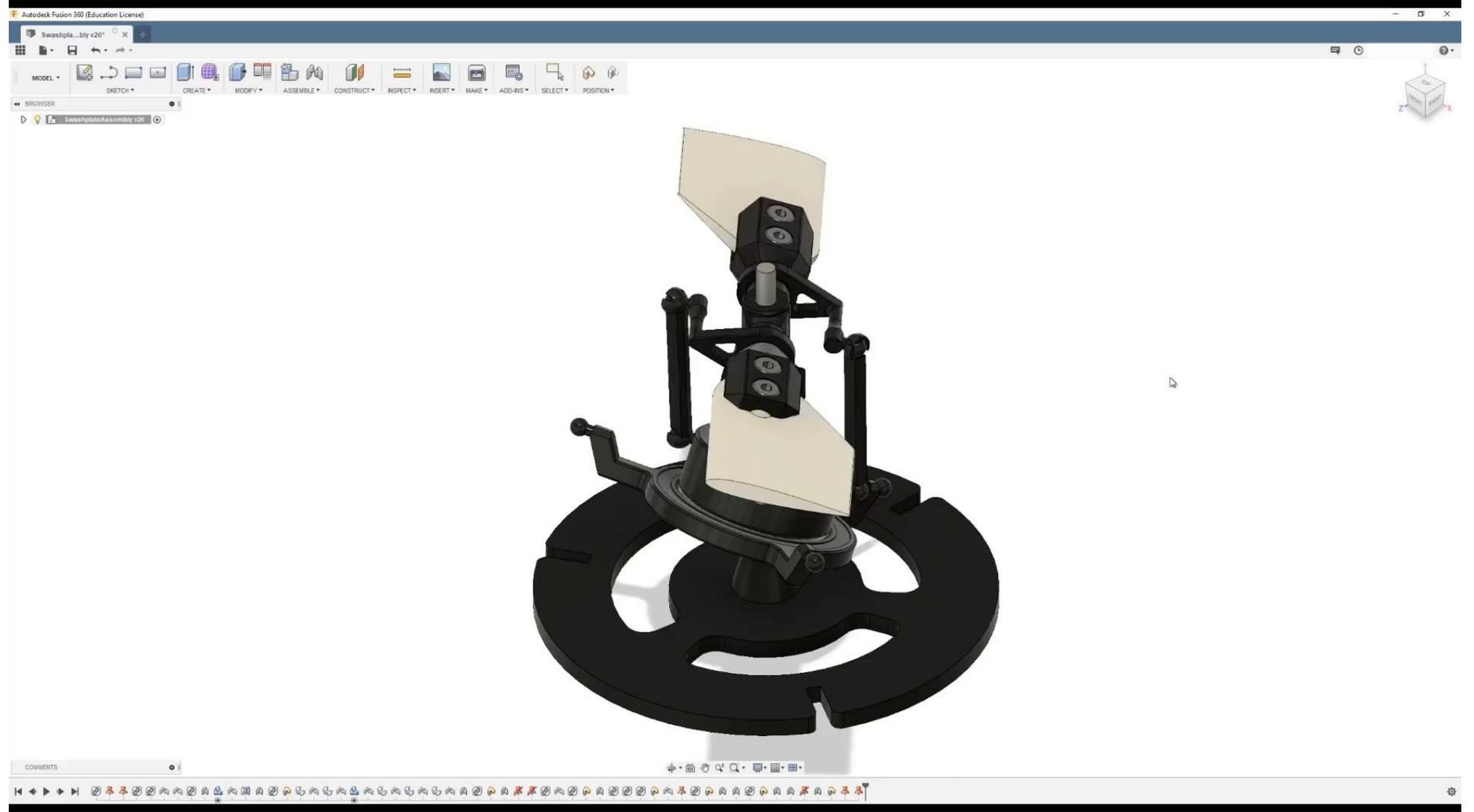
00:00 – 01:26

(Swashplate Kinematic Demonstration - Swashplate Design [1])

Örnek Video: Swash Plate

Oynak plaka hareketleri

(Swashplate Kinematic Demonstration - Swashplate Design [1])



Helikopterler

Anti-Tork Sistemleri

Helikopter / Tork Etkisi

Anti-Tork Sistemleri (*Anti Torque Systems*)

- Kuyruk Rotoru (*Tail Rotor*)
- NOTAR (*No Tail Rotor*)
- Kontra Rotor (*Coaxial Rotor*)
- Tandem Rotor
- Intermeshing Rotors

Helikopter / Tork Etkisi

Kuyruk Rotoru (*Tail Rotor*)

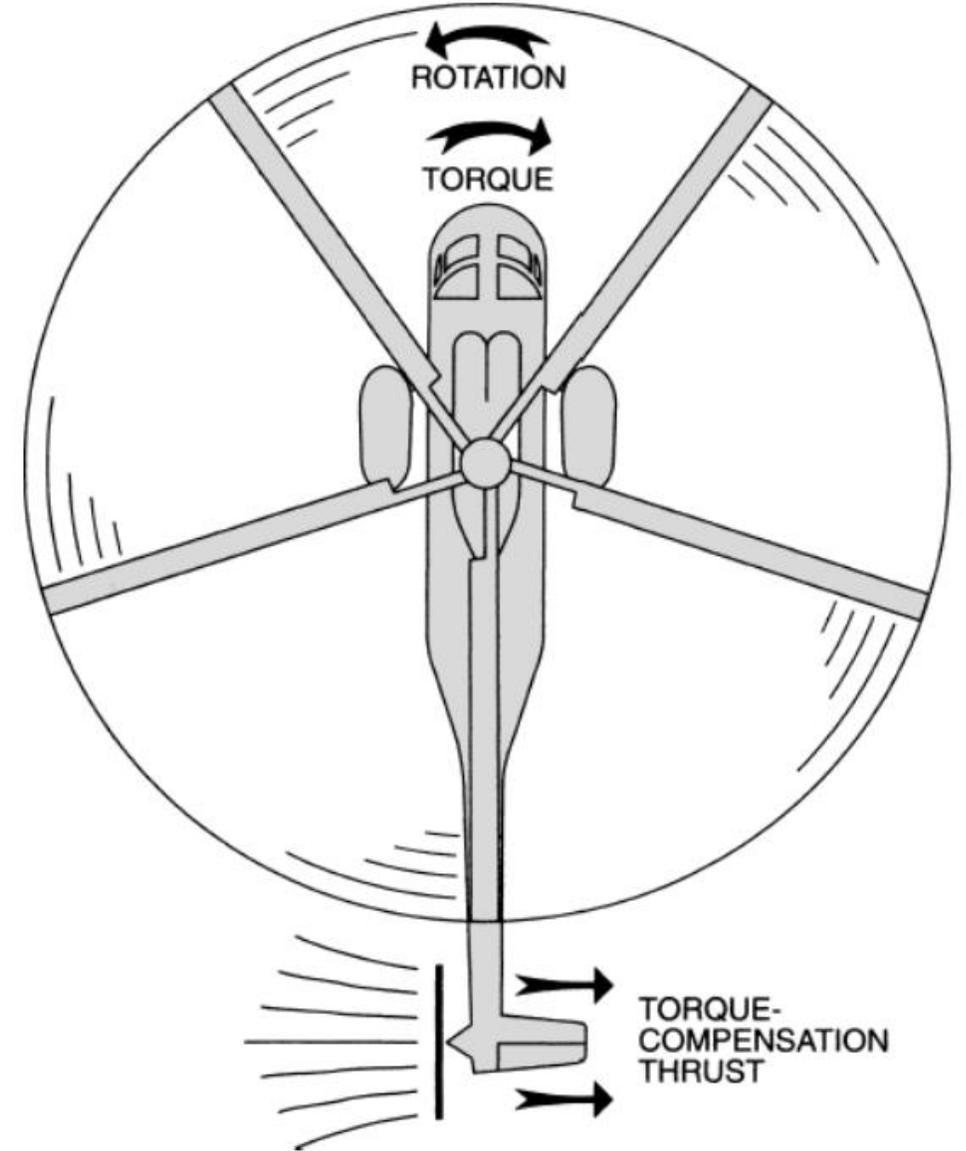
- Newton'un üçüncü hareket yasasına göre, her kuvvet için eşit ve zıt bir kuvvet veya tepki vardır.
- Rotor şaftına uygulanan döndürme momenti, eşit ve zıt bir tork kuvvetine neden olur. Bunu önlemek için önlemler alınmadıkça helikopterin gövdesi ters yönde dönme eğiliminde olacaktır.
- Antitorque rotor veya kuyruk rotoru, ters tork etkisini dengelemek için kullanılır.
- Kuyruk rotor kuvveti istikameti sabit tutmayı sağlar.

Helikopter / Tork Etkisi

Kuyruk Rotoru (*Tail Rotor*)

- *Örnek Görsel*: Tork telafisi

Şekildeki helikoptere üstten bakıldığında, rotor saat yönünün tersine (*counterclockwise*) dönmektedir. Ters tork etkisi helikopter gövdesinin saat yönünde dönmesine sebep olur.

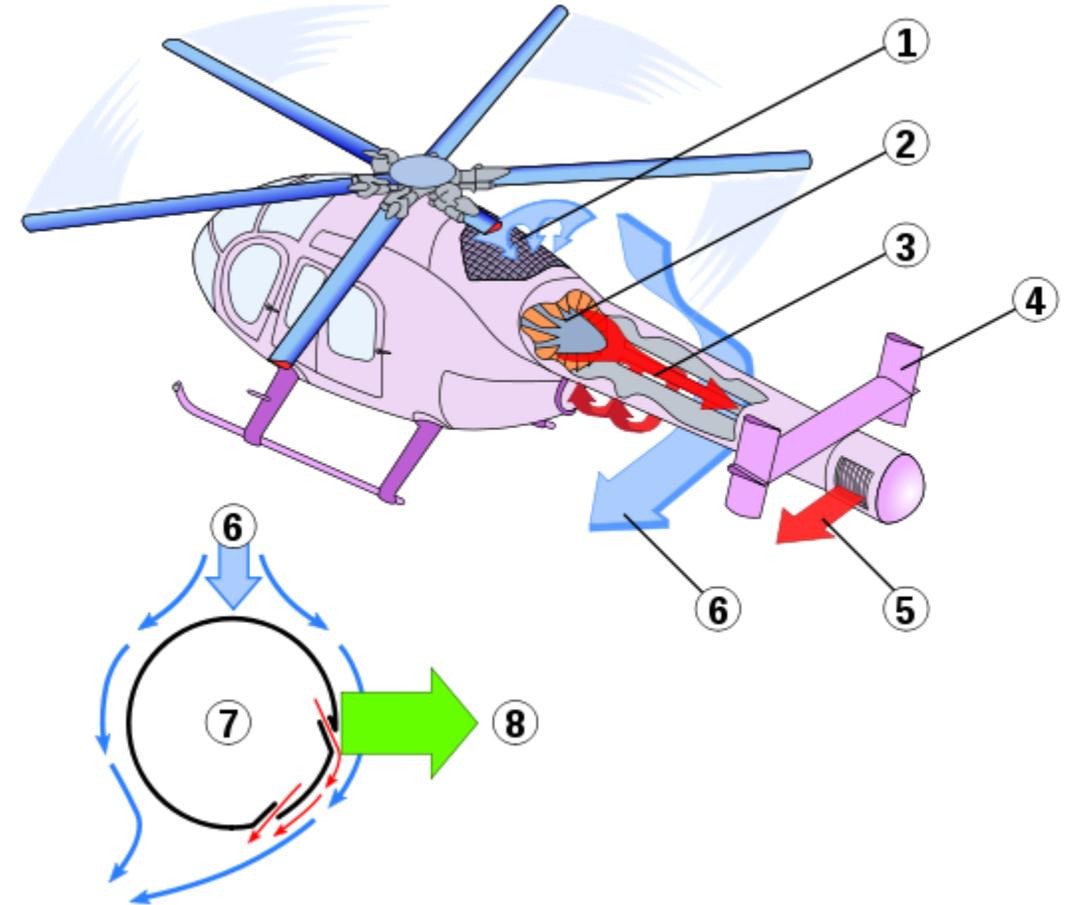


Helikopter / Tork Etkisi

Anti Tork Çözümleri

- *Örnek Görsel*: NOTAR System

Kuyruk rotoru içermeyen No Tail Rotor –
NOTAR sistemi

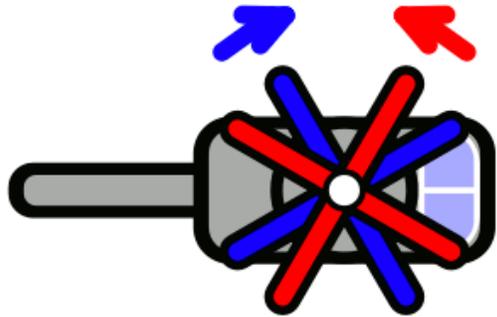


Helikopter / Tork Etkisi

Anti Tork Çözümleri

- *Örnek Görsel:* Kamov Ka-32

Kuyruk rotorsuz – **Karşıt pervaneli (kontra rotor)** helikopter / coaxial rotors



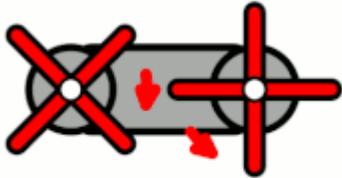
Helikopter / Tork Etkisi

Anti Tork Çözümleri

- *Örnek Görsel*: Boeing Chinook

Tandem rotor

İki ayrı merkezli rotor kullanılır.



Helikopter / Tork Etkisi

Anti Tork Çözümleri

- *Örnek Görsel:*
Kaman K-MAX

Intermeshing rotors (synchropter)

İki rotorun birbiri içinde senkronize çalıştığı anti-tork sistemidir.



MUTK111 – Havacılık ve Uçak Bilgisi

Ek Bilgi

Kesit Çizimler

Helikopterler

Örnek Helikopter Tipleri Kesit Görünüşler (*Cutaway Drawings*)

**MD Explorer
Cutaway Drawing Legend**

- 1 Nose compartment access door
- 2 Battery storage
- 3 Windscreen de-misting air duct
- 4 Stretched acrylic windscreen panels

- 5 Stand-by compass
- 6 Instrument panel shroud
- 7 Instrument console
- 8 Yaw control rudder pedals
- 9 Avionics access
- 10 Cockpit boarding step
- 11 Landing gear forward strut mounting
- 12 Collective pitch lever, optional full dual controls
- 13 Cockpit door, port and starboard
- 14 Adjustable seat mounting
- 15 Second pilot's seat
- 16 Safety harness
- 17 Cyclic pitch control column
- 18 Central console
- 19 Circuit breaker panel
- 20 Pilot's seat

- 21 Headset stowage
- 22 Cockpit air duct
- 23 Control rod linkages
- 24 Instrument light
- 25 Main rotor blade leading edge titanium abrasion sheath
- 26 Glass-fibre blade spars
- 27 Foam filled trailing edge
- 28 Glass-fibre skin panels
- 29 Kevlar composite top fairing access doors, open
- 30 Kevlar composite rotor head fairing
- 31 Vapour cycle cooling system equipment

- 32 Water separator
- 33 Rotor head hydraulic actuators
- 34 Hydraulic reservoir
- 35 Hydraulic ground connectors
- 36 Handhold
- 37 Starboard cabin door
- 38 Alt facing seat row, six-seat utility layout shown
- 39 Maintenance steps
- 40 Position of fuel filler on starboard side (not shown)

- 41 Carbon-fibre fuselage skinning
- 42 Lower sliding door rail
- 43 Fuselage sill structure
- 44 Underfloor fuel tank, total capacity 600 lt (132 Imp gal)
- 45 Sliding door latch
- 46 Composite cabin floor panels
- 47 Forward facing rear seat row
- 48 Seat mounting stanchion
- 49 Port cabin door
- 50 Upper door rail
- 51 Gearbox mounting deck
- 52 Steel tube gearbox support truss
- 53 Hydraulic pump

- 54 Oil pump
- 55 Main transmission gearbox
- 56 Curvic coupling anti-vibration gearbox mounting
- 57 Machined gearbox upper support frame
- 58 Swash plate mechanism
- 59 Rotor mast
- 60 Blade pitch control rods
- 61 Carbon-fibre flexbeam blade retention strap
- 62 Blade root attachment joint
- 63 Glass-fibre pitchcase
- 64 Detachable blade tip with balance and tracking weights
- 65 Fixed blade tab
- 66 Five-bladed rotor
- 68 Bearingless rotor hub
- 69 Oil cooler air exhaust
- 70 Gearbox driven blower
- 71 Transmission oil cooler

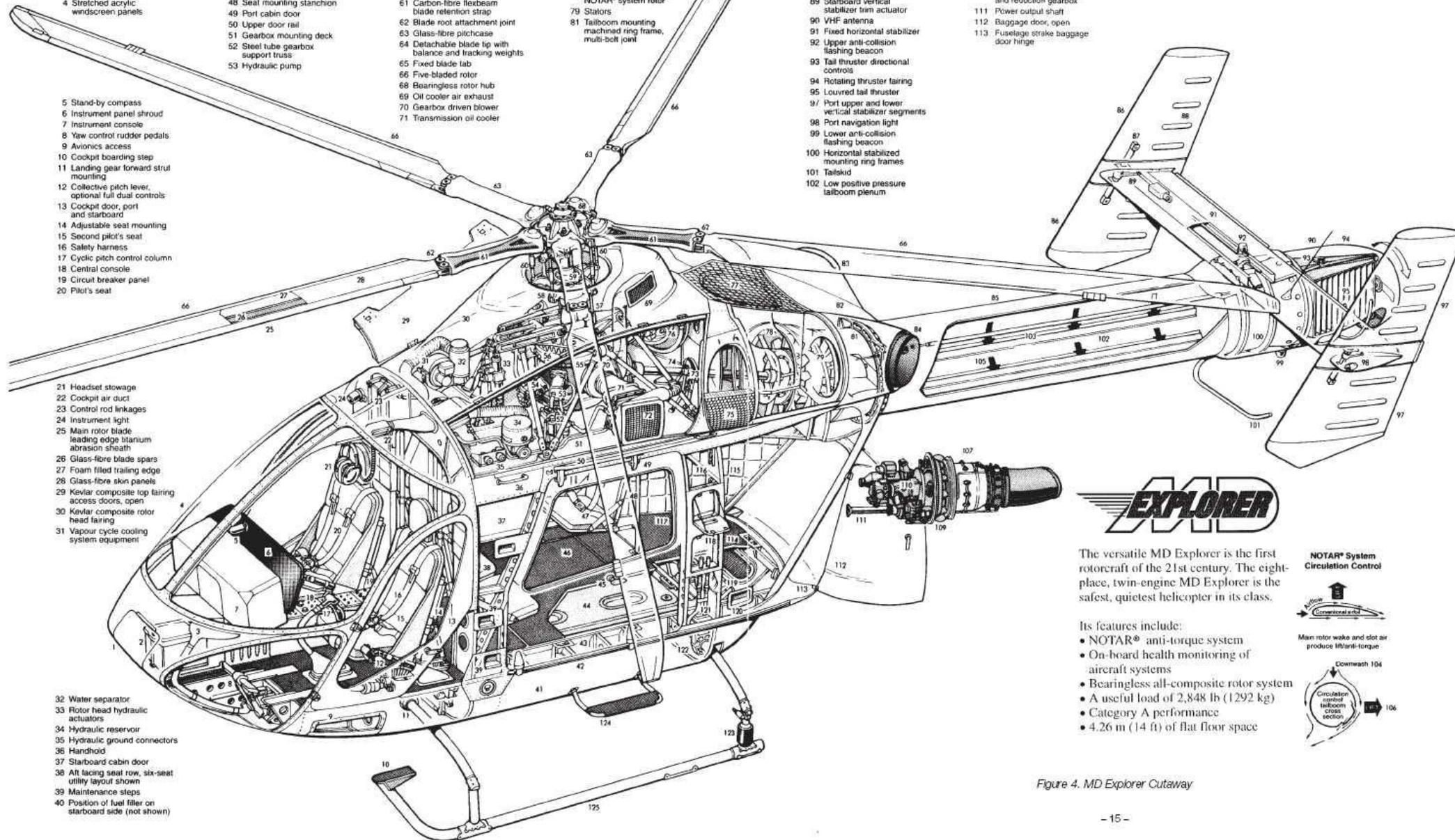
- 72 Oil cooler air intake
- 73 Port engine mounting struts
- 74 NOTAR® system fan driveshaft
- 75 Port engine air inlet particle separator screened
- 76 Starboard engine transmission gearbox
- 77 NOTAR® system air intake
- 78 Variable pitch
- 79 Stators
- 81 Tailboom mounting machined ring frame, multi-bolt joint

- 82 Engine bay tail fairing
- 83 Starboard engine exhaust
- 84 Port engine exhaust ejector
- 85 Graphite-epoxy tail boom
- 86 Starboard upper and lower vertical stabilizer segments
- 87 Vertical stabilizer hinge post
- 88 Integrally stiffened carbon-fibre skin panels
- 89 Starboard vertical stabilizer trim actuator
- 90 VHF antenna
- 91 Fixed horizontal stabilizer
- 92 Upper anti-collision flashing beacon
- 93 Tail thruster directional controls
- 94 Rotating thruster fairing
- 95 Louvred tail thruster
- 97 Port upper and lower vertical stabilizer segments
- 98 Port navigation light
- 99 Lower anti-collision flashing beacon
- 100 Horizontal stabilizer mounting ring frames
- 101 Tailskid
- 102 Low positive pressure tailboom plenum

- 103 Coanda slots (2)
- 104 Rotor downwash
- 105 Pressurized air spill
- 106 Resultant anti-torque (lift) force
- 107 Pratt & Whitney Canada PW206E turboshaft engines
- 108 Screened engine air intake
- 109 Engine accessory equipment and reduction gearbox
- 111 Power output shaft
- 112 Baggage door, open
- 113 Fuselage strike baggage door hinge

- 114 Baggage compartment
- 115 Cabin interior lining and sound proofing blanket
- 116 Fuselage main A-frame
- 117 Baggage loading floor
- 118 Fold-out work platform
- 119 Condenser cooling air outlet

- 120 Maintenance step
- 121 Fuel feed pipes
- 122 Landing gear rear strut mounting
- 123 Skid shock absorber
- 124 Cabin boarding step
- 125 Landing skid



The versatile MD Explorer is the first rotorcraft of the 21st century. The eight-place, twin-engine MD Explorer is the safest, quietest helicopter in its class.

- Its features include:
- NOTAR® anti-torque system
 - On-board health monitoring of aircraft systems
 - Bearingless all-composite rotor system
 - A useful load of 2,848 lb (1292 kg)
 - Category A performance
 - 4.26 m (14 ft) of flat floor space

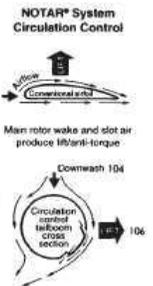


Figure 4. MD Explorer Cutaway

Helikopterler

MD900

Explorer

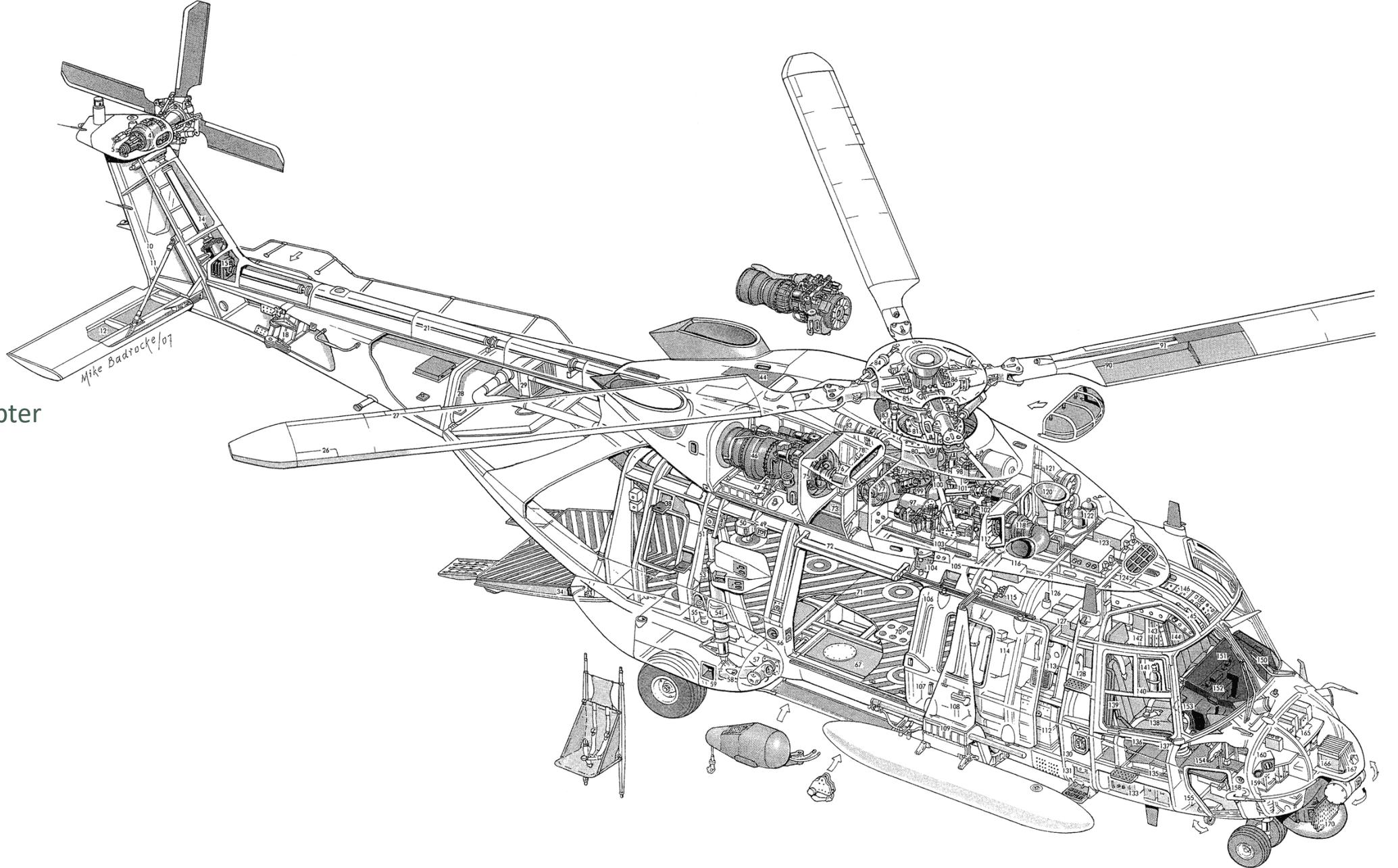
NOTAR

Helikopterler

NHIndustries

NH90

Utility Helicopter



Helikopterler

Eurocopter

EC725

- 1 Flight measuring probe
- 2 Forward looking Infra-red (FLIR) and laser scanner
- 3 Articulated scanner mounting
- 4 Composite radome
- 5 Radar scanner
- 6 Radar equipment bay
- 7 Pitot heads, port and starboard
- 8 Missile approach warning receiver, port and starboard
- 9 Forward emergency floatation bag
- 10 Aft retracting twin nosewheels
- 11 Lower V/UHF antenna
- 12 Downward vision window
- 13 Yaw control rudder pedals
- 14 Instrument panel, full-colour EFIS displays, NVG compatible
- 15 Instrument panel shroud/glareshield
- 16 Cable deflectors
- 17 Windscreen wipers
- 18 Windscreen panels
- 19 Door-mounted document stowage

- 31 Forward sliding erosion hatch, open
- 38 Detachable head armour panel
- 39 Avionics equipment rack, port and starboard
- 40 Intake particle separator ejector fan
- 41 Port engine air intake
- 42 Engine bleed air ducting to cabin heater
- 43 Engine intake air filter
- 44 Steerable searchlight lower fuselage mounted
- 45 Dual winches, main and secondary, 295ft (90m) and 246ft (75m), 600lb (272kg) capacity each
- 46 Winch mounting, above starboard cabin door
- 47 Hinged composite engine cowling panel/work platform
- 48 Engine bay central firewall
- 49 Engine accessory equipment
- 50 Oil tank

- 51 Turbomeca Makila 2A turboshaft engine with FADEC control
- 52 Main engine mounting
- 53 Starboard cabin door aperture

- 54 Sidewall-mounted winch control panel
- 55 Technician's seat
- 56 Pintle-mounted 7.62mm machine-gun, port and starboard
- 57 Link and cartridge case collector
- 58 Composite cabin floor panelling
- 59 Underfloor crashworthy fuel tankage, maximum internal capacity 625 Imp gal (2,840 lit) excluding rear fuselage tank.
- 60 External stores carrier
- 61 20mm cannon pod with 180 rounds
- 62 19-round 2.75in rocket pod

- 63 Cargo hook, gearbox-mounted slung load capacity 11,000lb (5,000kg), underfuselage hook capacity 8,377lb (3,800kg)
- 64 Boarding step
- 65 Position of fuselage fuel tank fillers, starboard side
- 66 Main cabin doorway, port and starboard
- 67 Cabin door forward segment, open
- 68 Domed observation window
- 69 Optional floor hatch
- 70 Troop/passenger seating
- 71 Sliding door and window hatch top rail

- 80 Rotor hub with spheriflex bearings
- 81 Drag dampers
- 82 Blade root attachment fittings, manually foldable
- 83 Five-blade main rotor
- 84 Rotor head fairing
- 85 Upper V/UHF antenna
- 86 Composite rotor fairing, aft sliding
- 87 Starboard side Microturbo APU, optional

- 99 Honeycomb trailing edge panel
- 100 Fixed blade tab
- 101 Blade tip balance and tracking weights
- 102 Main rotor blade folded position
- 103 Folded blade jury struts

- 126 Tailboom frame and stringer structure
- 127 Lower V/UHF antenna

- 20 Cable cutter
- 21 Radar warning antennae, port and starboard
- 22 Heater air intake
- 23 Cabin air heater
- 24 Overhead fuel cocks and engine condition levers
- 25 Pilot's armoured seat
- 26 Direct vision opening side window panel
- 27 Co-pilot's armoured seat
- 28 Centre console
- 29 Cyclic pitch control column
- 30 Collective pitch control lever
- 31 Cockpit door, port and starboard
- 32 Avionics cooling air vent
- 33 Boarding step
- 34 Retractable landing light, port and starboard
- 35 Ground power socket
- 36 Armoured door panel

- 41 Pilot's seat
- 42 Engine bleed air ducting to cabin heater
- 43 Engine intake air filter
- 44 Steerable searchlight lower fuselage mounted
- 45 Dual winches, main and secondary, 295ft (90m) and 246ft (75m), 600lb (272kg) capacity each
- 46 Winch mounting, above starboard cabin door
- 47 Hinged composite engine cowling panel/work platform
- 48 Engine bay central firewall
- 49 Engine accessory equipment
- 50 Oil tank

- 51 Turbomeca Makila 2A turboshaft engine with FADEC control
- 52 Main engine mounting
- 53 Starboard cabin door aperture

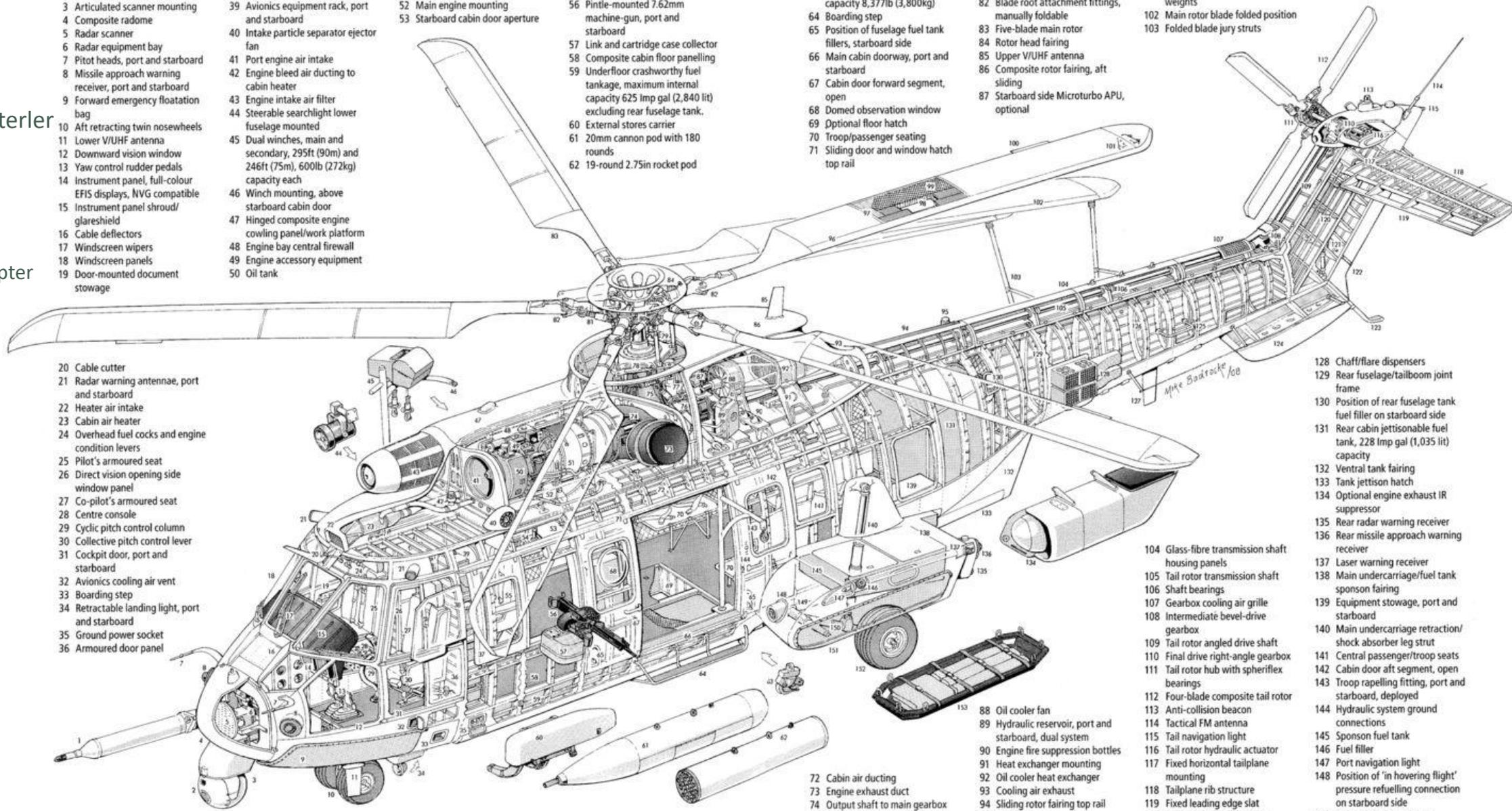
- 54 Sidewall-mounted winch control panel
- 55 Technician's seat
- 56 Pintle-mounted 7.62mm machine-gun, port and starboard
- 57 Link and cartridge case collector
- 58 Composite cabin floor panelling
- 59 Underfloor crashworthy fuel tankage, maximum internal capacity 625 Imp gal (2,840 lit) excluding rear fuselage tank.
- 60 External stores carrier
- 61 20mm cannon pod with 180 rounds
- 62 19-round 2.75in rocket pod

- 63 Cargo hook, gearbox-mounted slung load capacity 11,000lb (5,000kg), underfuselage hook capacity 8,377lb (3,800kg)
- 64 Boarding step
- 65 Position of fuselage fuel tank fillers, starboard side
- 66 Main cabin doorway, port and starboard
- 67 Cabin door forward segment, open
- 68 Domed observation window
- 69 Optional floor hatch
- 70 Troop/passenger seating
- 71 Sliding door and window hatch top rail

- 80 Rotor hub with spheriflex bearings
- 81 Drag dampers
- 82 Blade root attachment fittings, manually foldable
- 83 Five-blade main rotor
- 84 Rotor head fairing
- 85 Upper V/UHF antenna
- 86 Composite rotor fairing, aft sliding
- 87 Starboard side Microturbo APU, optional

- 99 Honeycomb trailing edge panel
- 100 Fixed blade tab
- 101 Blade tip balance and tracking weights
- 102 Main rotor blade folded position
- 103 Folded blade jury struts

- 126 Tailboom frame and stringer structure
- 127 Lower V/UHF antenna



EUROCOPTER EC725

- 72 Cabin air ducting
- 73 Engine exhaust duct
- 74 Output shaft to main gearbox
- 75 Main gearbox
- 76 Gearbox mounting strut (4)
- 77 Rotor head hydraulic control actuator (3)
- 78 Swash plate mechanism
- 79 Blade pitch control rods

- 88 Oil cooler fan
- 89 Hydraulic reservoir, port and starboard, dual system
- 90 Engine fire suppression bottles
- 91 Heat exchanger mounting
- 92 Oil cooler heat exchanger
- 93 Cooling air exhaust
- 94 Sliding rotor fairing top rail
- 95 GPS antenna
- 96 Main rotor blade leading edge stainless steel erosion sheath
- 97 Composite multi-box spar structure, foam-filled

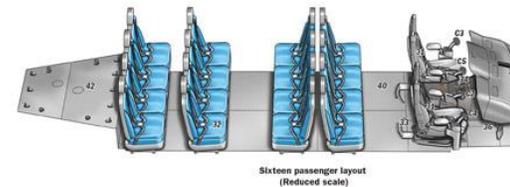
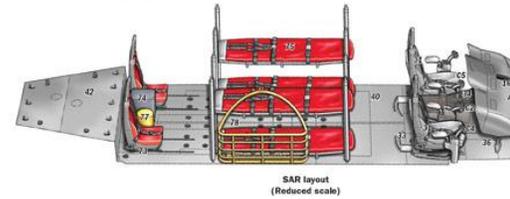
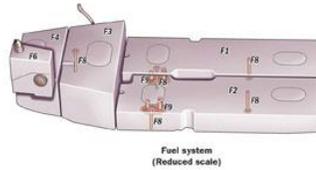
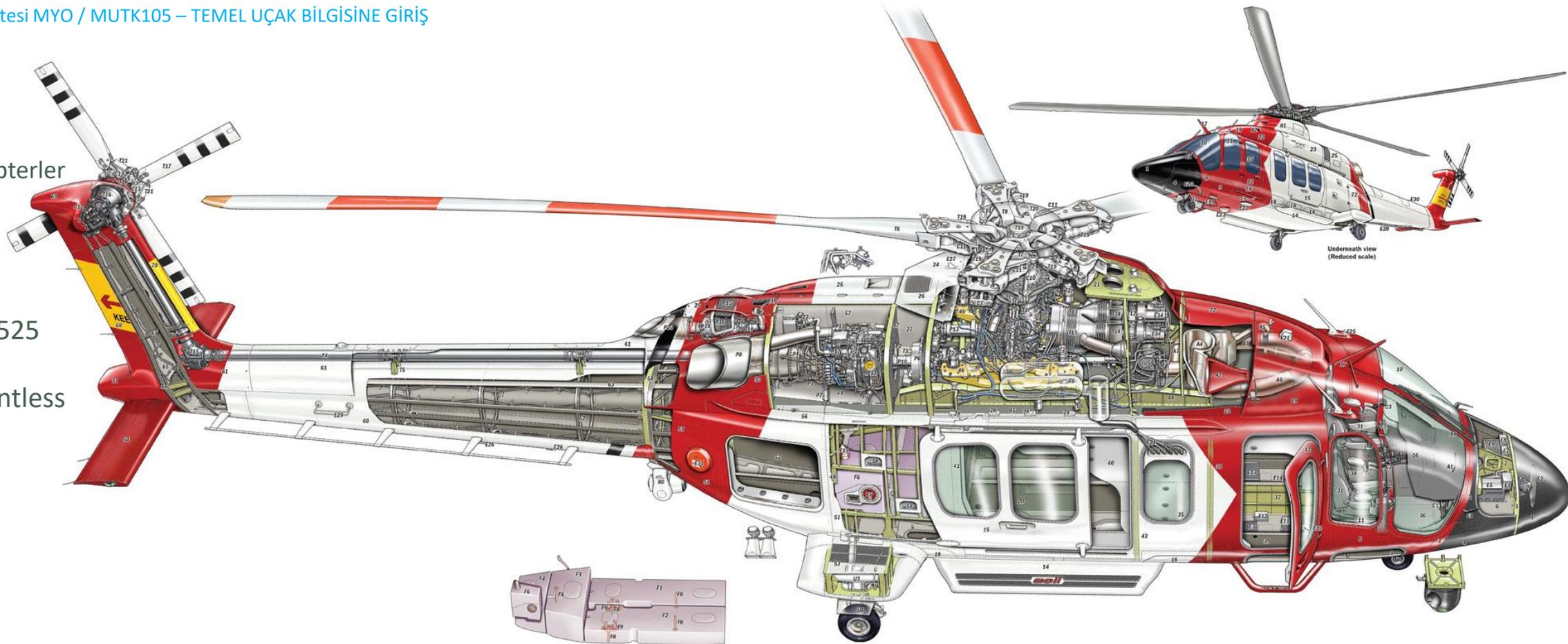
- 104 Glass-fibre transmission shaft housing panels
- 105 Tail rotor transmission shaft
- 106 Shaft bearings
- 107 Gearbox cooling air grille
- 108 Intermediate bevel-drive gearbox
- 109 Tail rotor angled drive shaft
- 110 Final drive right-angle gearbox
- 111 Tail rotor hub with spheriflex bearings
- 112 Four-blade composite tail rotor
- 113 Anti-collision beacon
- 114 Tactical FM antenna
- 115 Tail navigation light
- 116 Tail rotor hydraulic actuator
- 117 Fixed horizontal tailplane mounting
- 118 Tailplane rib structure
- 119 Fixed leading edge slat
- 120 Tail rotor pylon structure
- 121 Glass-fibre trailing edge section
- 122 HF aerial rail
- 123 Tail bumper/rotor protector
- 124 Composite ventral fin
- 125 VOR localiser antennae

- 128 Chaff/flare dispensers
- 129 Rear fuselage/tailboom joint frame
- 130 Position of rear fuselage tank fuel filler on starboard side
- 131 Rear cabin jettisonable fuel tank, 228 Imp gal (1,035 lit) capacity
- 132 Ventral tank fairing
- 133 Tank jettison hatch
- 134 Optional engine exhaust IR suppressor
- 135 Rear radar warning receiver
- 136 Rear missile approach warning receiver
- 137 Laser warning receiver
- 138 Main undercarriage/fuel tank sponson fairing
- 139 Equipment stowage, port and starboard
- 140 Main undercarriage retraction/shock absorber leg strut
- 141 Central passenger/troop seats
- 142 Cabin door aft segment, open
- 143 Troop rappelling fitting, port and starboard, deployed
- 144 Hydraulic system ground connections
- 145 Sponson fuel tank
- 146 Fuel filler
- 147 Port navigation light
- 148 Position of 'in hovering flight' pressure refuelling connection on starboard side
- 149 Axle pivoted mounting
- 150 Trailing axle mainwheel suspension
- 151 Rear emergency floatation bag
- 152 Port mainwheel, semi retracting
- 153 CASEVAC litter

Helikopterler

Bell 525

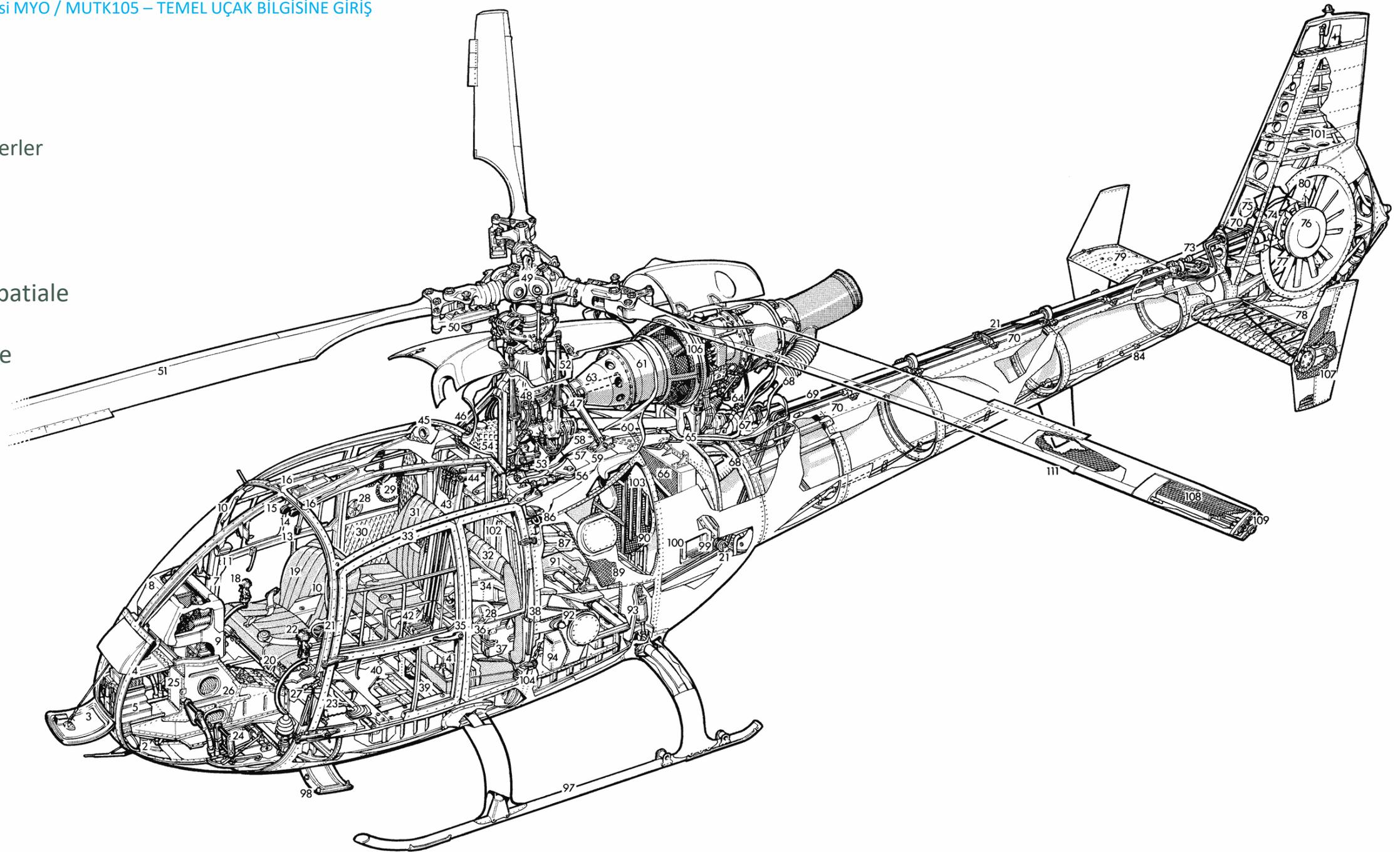
Relentless



Helikopterler

Aerospatale

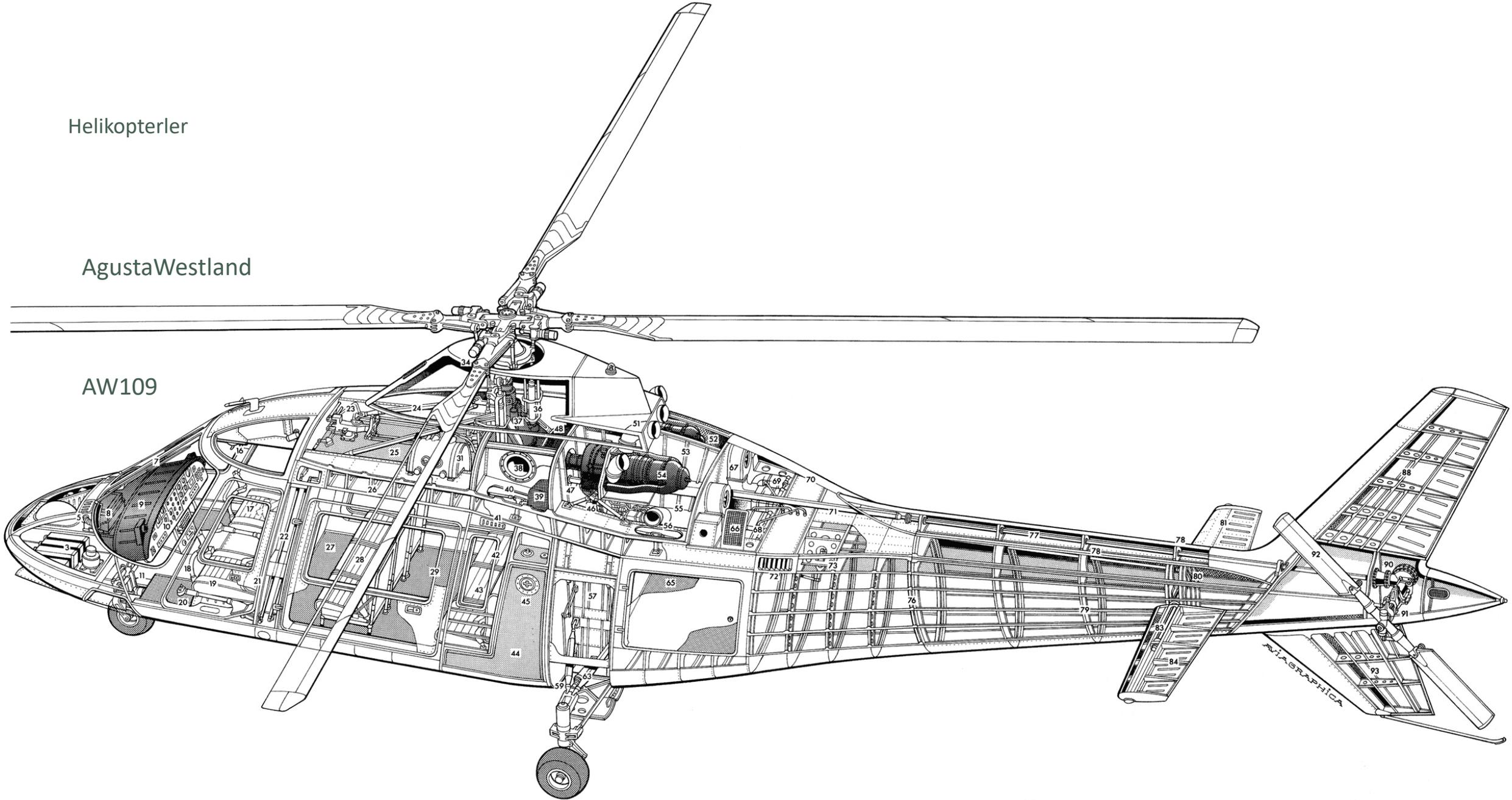
Gazelle



Helikopterler

AgustaWestland

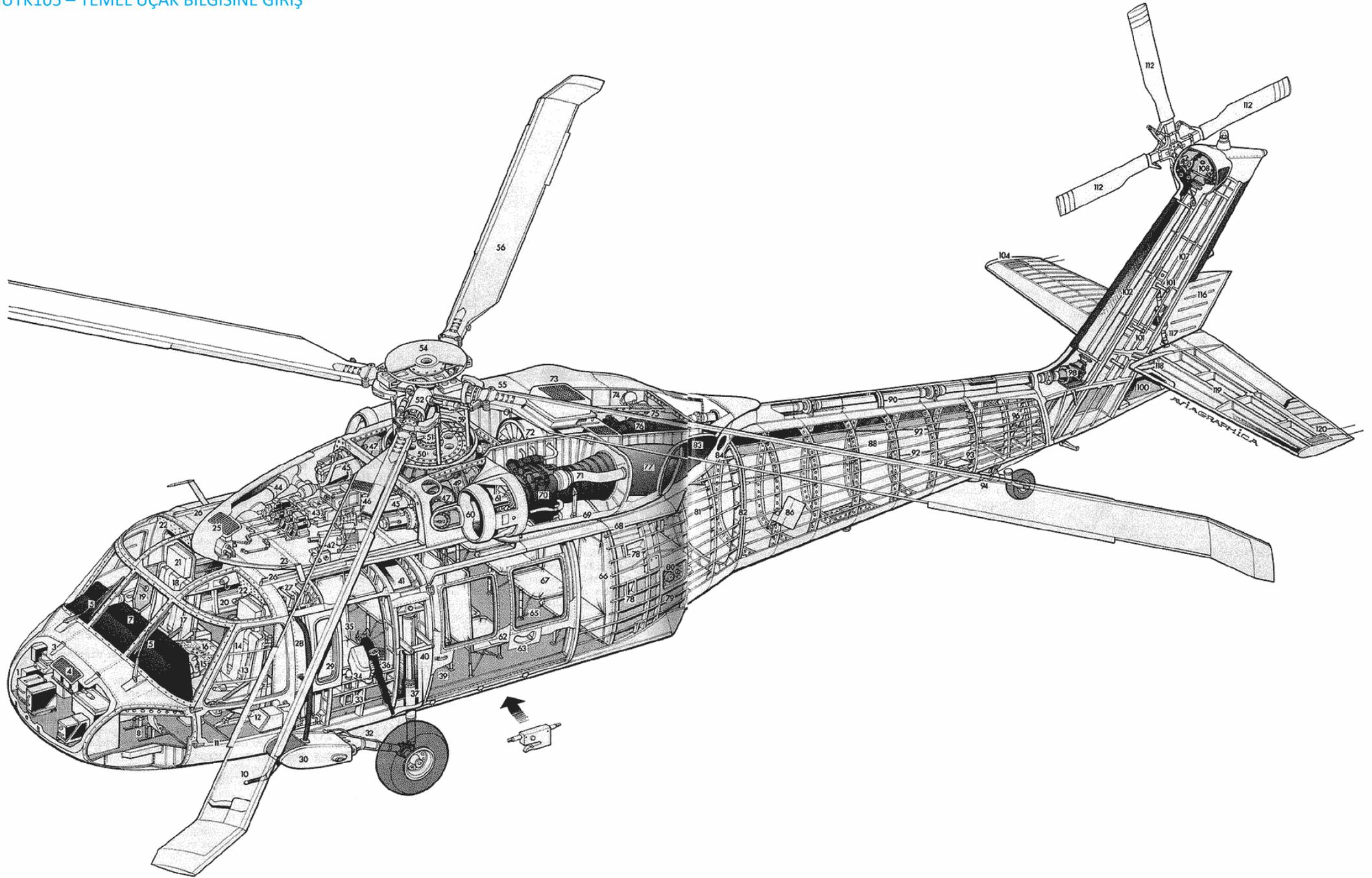
AW109



Helikopterler

UH-60

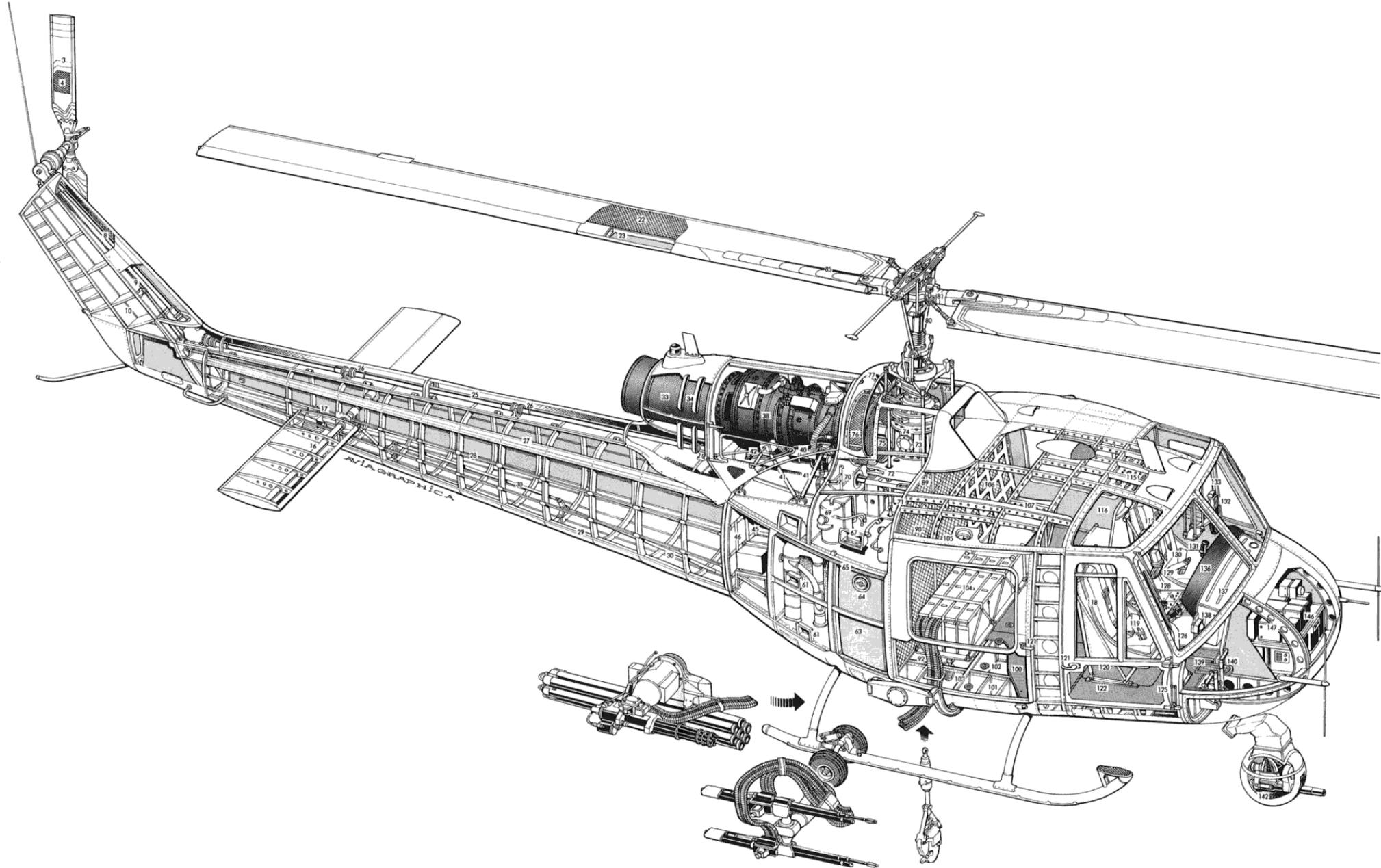
Blackhawk



Helikopterler

Bell UH-1

Iroquois



Helikopterler

Westland

Wessex

HAS Mk.3

LEFT Westland Wessex HAS Mk.3.

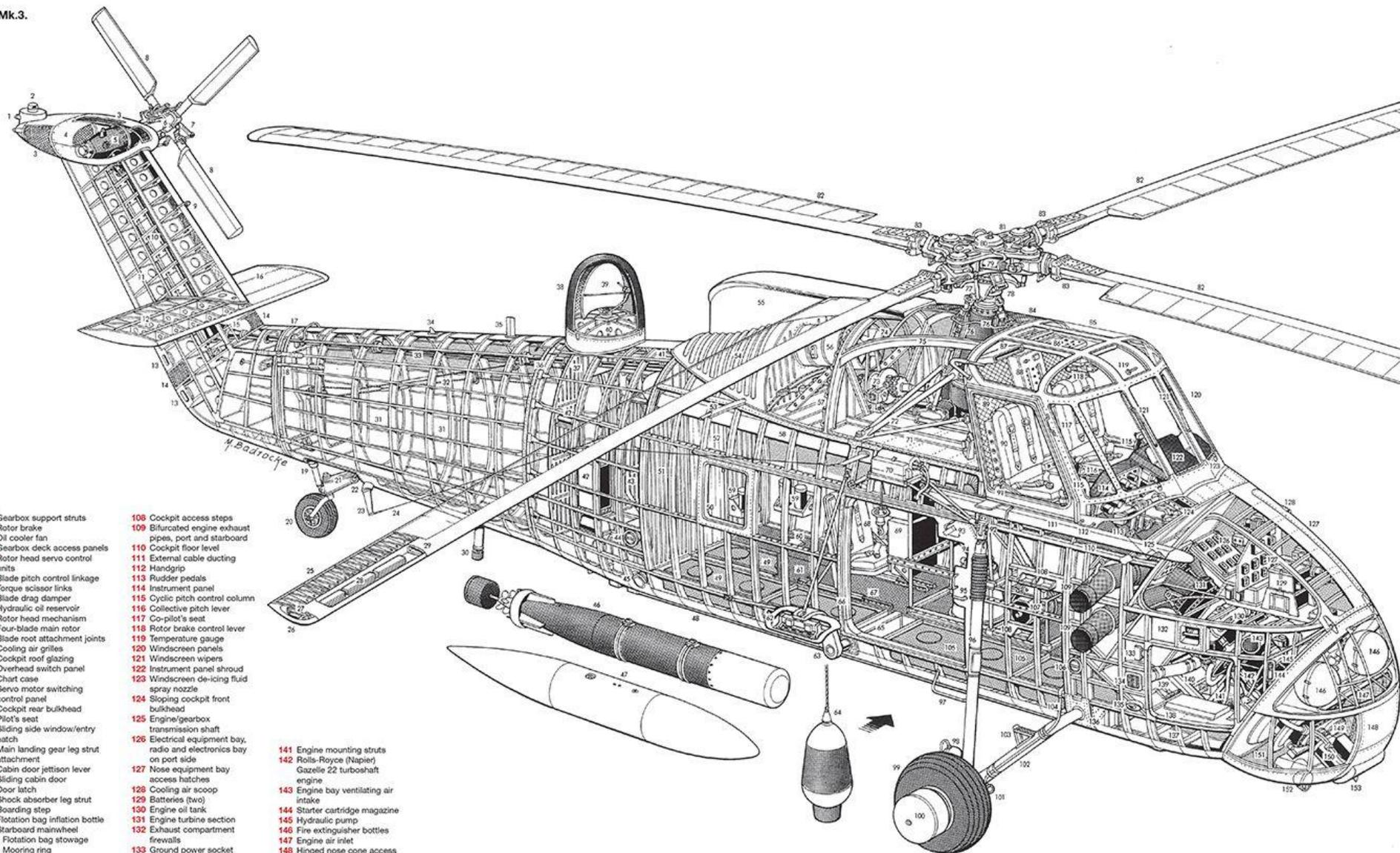
(Mike Badrocke)

- 1 Tail navigation lights
- 2 Anti-collision light
- 3 Cooling air grilles
- 4 Tail rotor gearbox fairing
- 5 Final drive right-angle gearbox
- 6 Tail rotor hub mechanism
- 7 Blade pitch angle control linkage
- 8 Four-bladed tail rotor
- 9 Handgrip
- 10 Tail rotor drive shaft
- 11 Tail pylon construction
- 12 Fixed horizontal tailplane construction
- 13 Ground handling grips
- 14 Cooling air grilles
- 15 Bevel drive gearbox
- 16 Port tailplane
- 17 Folding tail pylon hinge joint
- 18 Tail pylon latching mechanism
- 19 Tailwheel shock absorber strut
- 20 Castoring tailwheel
- 21 Hinged axle beam
- 22 Mooring ring
- 23 Aerial mast
- 24 HF aerial cable
- 25 Rotor blade trailing edge rib construction
- 26 Tip fairing
- 27 Blade tracking weight
- 28 Blade balance weights
- 29 D-section aluminium blade spar
- 30 Transponder aerial
- 31 Tailcone frame and stringer construction
- 32 Tail rotor control cables
- 33 Tail rotor transmission shaft
- 34 Upper IFF aerial
- 35 UHF aerial
- 36 Tailcone/fuselage joint frame
- 37 Equipment bay bulkhead
- 38 Dorsal radome
- 39 Search radar scanner
- 40 Radome mounting structure
- 41 Port side cabin heater
- 42 Electrical system equipment
- 43 Fuel delivery piping
- 44 Rear fuel tank group filler cap
- 45 Pressure refuelling connection
- 46 Mk 46 torpedo
- 47 External fuel tank, capacity 45.4 litres (100 Imp gal)
- 48 External cable ducting
- 49 Aft crash-proof fuel cells; total fuel capacity 1,209 litres (266 Imp gal)
- 50 Cabin window/escape hatch
- 51 Cabin rear bulkhead
- 52 Curtained aperture to equipment bay
- 53 Vent piping
- 54 Oil cooler air exit louvres
- 55 Rotor head rear aerodynamic fairing
- 56 Oil cooler
- 57 Rear fairing access panels
- 58 Cabin heating ducting
- 59 Smoke marker stowage
- 60 Marker launch tube cover
- 61 Cabin floor panelling
- 62 External stores carrier
- 63 Stores pylon fixing
- 64 Dipping sonar
- 65 Floor beam construction
- 66 Cabin door
- 67 Seat mounting rails
- 68 Tactical navigator and sonar operator seats
- 69 Instrument consoles
- 70 Rescue hoist/winch
- 71 Gearbox mounting deck

- 72 Gearbox support struts
- 73 Rotor brake
- 74 Oil cooler fan
- 75 Gearbox deck access panels
- 76 Rotor head servo control units
- 77 Blade pitch control linkage
- 78 Torque scissor links
- 79 Blade drag damper
- 80 Hydraulic oil reservoir
- 81 Rotor head mechanism
- 82 Four-blade main rotor
- 83 Blade root attachment joints
- 84 Cooling air grilles
- 85 Cockpit roof glazing
- 86 Overhead switch panel
- 87 Chart case
- 88 Servo motor switching control panel
- 89 Cockpit rear bulkhead
- 90 Pilot's seat
- 91 Sliding side window/entry hatch
- 92 Main landing gear leg strut attachment
- 93 Cabin door jettison lever
- 94 Sliding cabin door
- 95 Door latch
- 96 Shock absorber leg strut
- 97 Boarding step
- 98 Flotation bag inflation bottle
- 99 Starboard mainwheel
- 100 Flotation bag stowage
- 101 Mooring ring
- 102 Pivoted main axle beam
- 103 Step
- 104 Hydraulic brake pipe
- 105 Forward group of fuel cells
- 106 Fuel filter cap
- 107 Dipping sonar winch mechanism

- 108 Cockpit access steps
- 109 Bifurcated engine exhaust pipes, port and starboard
- 110 Cockpit floor level
- 111 External cable ducting
- 112 Handgrip
- 113 Rudder pedals
- 114 Instrument panel
- 115 Cyclic pitch control column
- 116 Collective pitch lever
- 117 Co-pilot's seat
- 118 Rotor brake control lever
- 119 Temperature gauge
- 120 Windscreen panels
- 121 Windscreen wipers
- 122 Instrument panel shroud
- 123 Windscreen de-icing fluid spray nozzle
- 124 Sloping cockpit front bulkhead
- 125 Engine/gearbox transmission shaft
- 126 Electrical equipment bay, radio and electronics bay attachment
- 127 Nose equipment bay access hatches
- 128 Cooling air scoop
- 129 Batteries (two)
- 130 Engine oil tank
- 131 Engine turbine section
- 132 Exhaust compartment firewalls
- 133 Ground power socket
- 134 Starboard navigation light
- 135 Main axle beam mounting
- 136 Main axle beam framing
- 137 Nose compartment framing
- 138 Engine bay access door
- 139 Throttle control linkage
- 140 Engine withdrawal rail

- 141 Engine mounting struts on port side
- 142 Rolls-Royce (Napier) Gazelle 22 turboshaft engine
- 143 Engine bay ventilating air intake
- 144 Starter cartridge magazine
- 145 Hydraulic pump
- 146 Fire extinguisher bottles
- 147 Engine air inlet
- 148 Hinged nose cone access panel
- 149 Engine accessory equipment gearbox
- 150 Generator
- 151 Intake plenum
- 152 Retractable landing lamp
- 153 Lower IFF aerial



Kaynakça:

- <https://www.spinningwing.com/the-helicopter/helicopter-swashplate/>
- <http://www.redbackaviation.com/helicopter-plans-helicopter-swashplate-plans/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Swashplate_\(aeronautics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Swashplate_(aeronautics))
- <https://blog.havacilikpsikolojisi.net/helikopterlerin-kokpit-kumanda-sistemleri/>
- <https://www.centennialofflight.net/essay/Dictionary/pitch/DI39.htm>
- <https://www.thehelicopterstudyguide.com/what-is-flapping/>
- <http://www.helistart.com/Feathering.aspx>
- <http://www.helistart.com/rotordiscforwardv.aspx>
- <https://conceptbunny.com/category/aircraft/> (Aircraft Cutaway Drawings)

Kaynak Kitaplar: (.pdf)

- **Aircraft Basic Science (8th Edition - McGraw Hill Education)***
M.J. Kroes, J.R. Rardon, M.S. Nolan
 - <https://www.okan-elibrary.com/>
 - **Uçak Bilgisi ve Uçuş İlkeleri (T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3301)***
E-ISBN 9789750628139 / (Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 2164)
 - <https://ets.anadolu.edu.tr/storage/nfs/HIS201U/ebook/HIS201U-16V1S1-8-0-1-SV1-ebook.pdf>
 - **Introduction to the Helicopter (FAA)**
 - https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/media/hfh_ch01.pdf
 - **Aerodynamics of Flight (FAA)**
 - https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/media/hfh_ch02.pdf
 - **Helicopter Flight Controls (FAA)**
 - https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/media/hfh_ch03.pdf
-