

2 – Sınır Tabakası¹ İçindeki Akış ve Ön Yelken

Arvel Gentry eski konseptleri sorgulamaya devam ediyor

Arvel Gentry – SAIL Magazine Mayıs 1973 sayısından tercümedir

ticari amaçlı değildir, amatör denizcilerin kendi amaçlarına yönelik yararlanmaları amacıyla tercüme edilmiştir

Yelken kitaplarının çoğu ön yelkenin ana yelken üzerindeki birincil etkisini aşağı yukarı şöyle tarif eder: “Ön yelken, ana yelkenin rüzgâr altı tarafındaki havanın hızının artmasına neden olur. Aralık içindeki havanın hızı ana yelken üzerindeki havayı hareketlendirir ve ana yelkenden ayrılmasına² veya “stall”³ olayının gerçekleşmesine mani olur.”

Bu söyleyeceğim sürpriz olabilir ancak ön yelken, ana yelken üzerinde daha yüksek akış hızına sebep oluyorsa, o halde ana yelken üzerinde akışın yüzeyden ayrılmasına neden olacaktır, buna engel olmak yerine. Fakat ben hikâyeme devam edeyim.

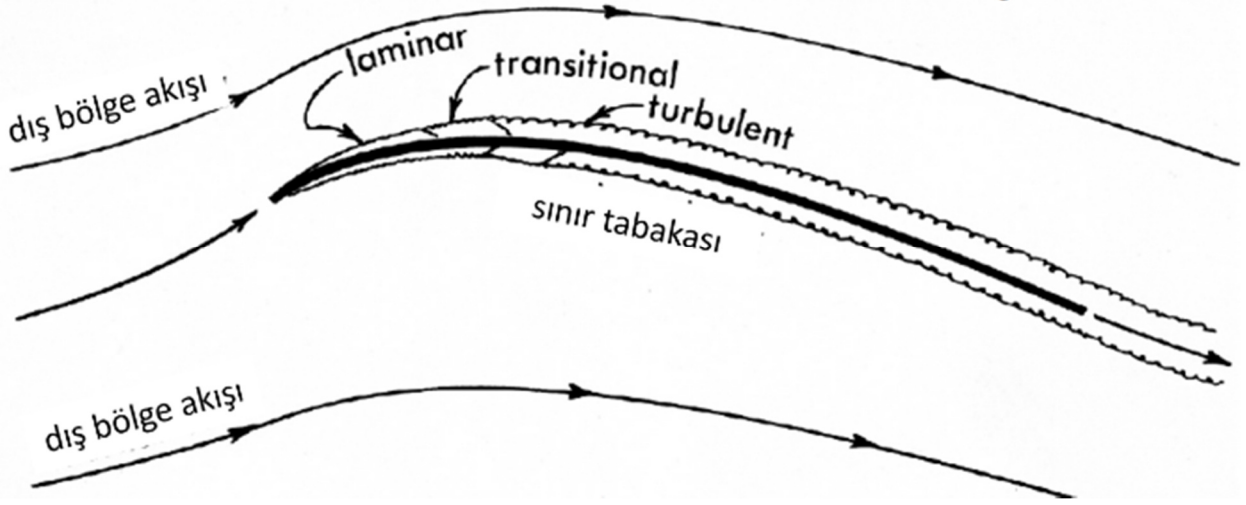
Bir aerodinamik uzmanı, bir şeklin çevresindeki hava akışını çalışırken, akışın iki temel akış tipine ayrıldığını fark eder: dışarıdaki akış bölgesi ve sınır tabakası bölgesi (Şekil-1). Sınır tabakası akış bölgesi yüzeyin üzerindeki çok ince bir hava tabakasıdır ve bu tabakanın kalınlığı

anlaşılması için Şekilde abartılmıştır. Hava (çok az da olsa) viskozitesi⁴ olan bir akışkandır ve havanın viskozite karakteristikleri sınır tabakası içinde ortaya çıkar.

Viskozite sebebiyle yüzeye değen hava aslında yüzey tarafından taşınmaktadır (havanın yelken yüzeyine göre hızı sıfır oluyor)⁵. Yelken yüzeyinden çok az bir mesafe ileride hava belirli bir hızla hareket eder ve sınır tabakasının dış kenarında hava, harici bölgedeki havanın hızı ile aynı değerde hareket eder.

Hava akışının geri kalan kısmı viskozitesi olmayan harici akış bölgesi olarak adlandırılır. Havanın viskozitesi akışın bu bölgesi için aerodinamik hesaplamaları etkilemez, fakat bu iki akış tipindeki akışı hesaplamak üzere mühendislerin kullandığı teknikler farklıdır.

Sınır tabakası kendi içinde genellikle üç ayrı (alt) akış tipine ayrılır. Kesitin orsa yakasına yakın yerde, sınır tabakasının içindeki hava akış hızı yüzeyden sınır



Şekil 1

¹ (ç.n.) ing. boundry layer. Aerodinamik yüzey üzerinde birkaç milimetre kalınlığındaki bir katmandır. Teorik olarak sınır tabakası içinde kalan havanın hızı yüzeye değen yerde sıfır, sınır tabakasının üst kenarında da dışarıdaki hava akışının hızı kadardır. Sınır tabakası, aerodinamik yüzey (ki burada yelkenin kesiti boyunca diyebiliriz) boyunca farklı karakteristikler gösterir. Orsa kenarından itibaren önce laminar (düz) bir hava akışı içerirken, bir süre sonra karışık (ing. turbulent) bir hal alır. Bu durumda sınır tabakası kalınlaşır ve laminar kısma göre sürtünme kuvveti olağanüstü artar. Bu iki durum arasında da bir geçiş (ing. transition) bölgesi oluşur.

² (ç.n.) ing. separation. Aerodinamik yüzeyin (yelkenin) rüzgâr ile yaptığı açı arttıkça, rüzgâr altı taraftaki sınır tabakasının turbulent olan kısmında hava akışı yavaşlamaya, hatta ters dönmeye başlar ve çok hızlı artan basınç ile birlikte sınır tabakasını yüzeyden ayırır. Bunun sonucu olarak yelkene gelen serbest hava akış çizgileri artık yüzey üzerinden akmak yerine, orsa yakasının hemen arkasından itibaren yüzeyden ayrılarak tamamen karışık bir hava akımı oluştururlar. Görsel örnek için <https://www.youtube.com/watch?v=cDWELEMrhow>

³ (ç.n.) “stall” kelimesinin karşılığı maalesef tam olarak yoktur. “Stall”, aerodinamik yüzeyin (yelkenin) zahiri rüzgâr ile yaptığı açının artması neticesinde meydana gelen ayrılma sonrası, aerodinamik yüzeyin itme kuvveti üretme kabiliyetini tamamen veya büyük oranda kaybetmesi, buna mukabil olağanüstü miktarda sürtünme kuvveti üretmesi demektir.

⁴ (ç.n.) viskozite: akışkanın katmanları arasında iç sürtünmeden ileri gelen ve akışı engelleyen direnç

⁵ (ç.n.) sınır tabakası içinde yüzeye en yakın hava akışının hızı, yüzeyin hızı ile aynıdır, yani yüzeye değen hava akışının hızı yelken yüzeyine göre –sıfır–dır.

tabakasının dış kenarına doğru düzgün bir şekilde artar. Bu, laminar sınır tabakasıdır⁶. Bir süre sonra sınır tabakasının içinde kararsızlığın meydana gelmesi ve ön yelken gibi dış etkenler veya yüzeydeki pürüzlülük (halatlar, dikişler, ıstralya vb) ve havanın içindeki doğal türbülans sebebiyle sınır tabakası içindeki hava akış hızının (yüzeye dik yönde) düzgün artışı, yerini kararsız ve karışık bir akış tipine bırakır. Buna sınır tabakasının geçiş (ing transition) bölgesi denir.

Bu geçiş bölgesinden sonra, sınır tabakası içindeki akış çok karışık bir hal alır ve buna karışık (ing turbulent) akış deriz. Sınır tabakasının dışındaki bölgedeki akış, sınır tabakasının laminar halden karışık hale geçişinden fark edilecek seviyede etkilenmez ve dolayısıyla kesitin yarattığı itme kuvveti⁷ büyük oranda değişmez.

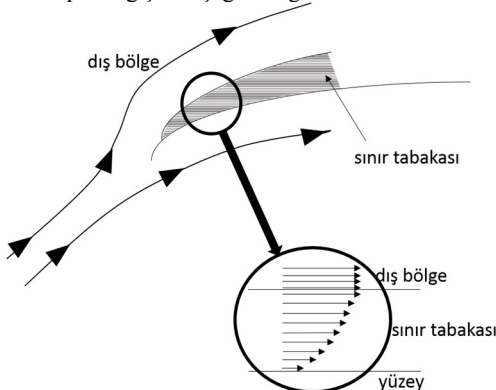
Şekil-2'deki su tüneli fotoğrafı, yelken etrafında olabilecek başka bir tip hava akışını göstermektedir: "ayrılmış akış". Hepimiz yelkenlerimizde bu tip bir akışı görmüştür. Ön yelken kasılı haldeyken orsa seyrenden kafayı rüzgâr altına açtıkça ön yelkenin rüzgâr altı tüyleri aniden ve hızla oynamaya, ters dönmeye başlarlar. Tüyler yelkenin rüzgâr altı tarafında oluşan son derece karmaşık ve ayrılmış hava akışına karşılık böyle uçuşmaktadırlar.



Şekil 2

Aerodinamik bakış açısı ile, ayrılmış akışa karışık (ing.turbulent) akış dememeye çalışırız, çünkü karışık akışı, özellikle sınır tabakasının karışık akış bölgesi için kullanırız. Şaşımaya engel olmak üzere ayrılmış akış demeye devam edeceğiz. Neredeyse tüm yelken yapma

⁶ (ç.n.) Laminar sınır tabakasını daha iyi anlayabilmek için metnin aşağıdaki şekle bakınız. Laminar denmesinin sebebi, hava akış çizgilerinin birlerine karışmadan düz şekilde ilerlemeleri sebebiyledir. Laminar sınır tabakasının kesiti içinde hava akış hızlarının yüzeyden zahiri –sıfır-dan dış bölgeye kadar olan tipik değişimi aşağıdaki gibidir.



zamanımızı yelkenlerimizin üzerinde oluşabilecek ayrılmış akış bölgelerinden kaçınmakla geçiririz ve bu sebeple öğrenebildiğimiz kadar ayrılmanın sebepleri ve kaçınma yollarını öğrenmeliyiz.

Hepimiz yelkenlerimizde ayrılmış akış meydana geldiğinde ne olduğunu biliyoruz; yelken itici kuvvetinin bir kısmını kaybeder ve tekne yavaşlar. Fakat ayrılmaya sebep olan nedir? Sınır tabakasının ayrılmasının tek nedeninin, kesit boyunca oluşan basıncın çok hızlı yükselmeye başlaması olduğu genel kabul görmüş aerodinamik bir gerçektir.

Basınç ne kadar hızlı atarsa (ç.n. orsa yakasından güngörmez yakasına kadar yelken kesiti boyunca) sınır tabakasının ayrılması şansı da o kadar yüksektir. Buradan bilmeliyiz ki, kesit boyunca basınç azalırsa sınır tabakası da ayrılmaz.

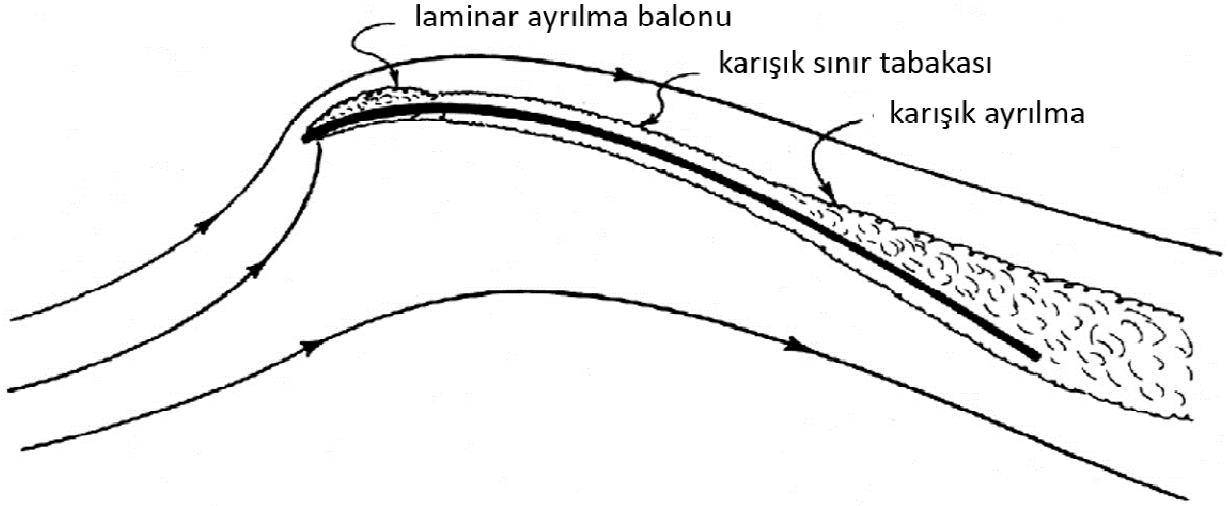
Basıncın kesit boyunca değişme hızına basınç gradyenti denir. Basınç yükseldikçe basınç gradyentine "ters basınç gradyenti" denir. Sınır tabakasının bir ters basınç gradyentine maruz kalması, ayrılma olup olmamasına bakmaksızın, sınır tabakasının akış tipine (laminar veya karışık), ters basınç gradyentine gelmeden sınır tabakasına nelerin etki ettiğine ve sınır tabakasının dış kenarındaki hava akış hızına bağlıdır. Hız-mesafe faktörü aerodinamikçiler tarafından Reynolds Numarası⁸ olarak ifade edilir.

Buradan hatırlaması gereken en önemli gerçek şudur: ayrılma ve "stall" olayının gerçekleşmesi için basıncın yelken kesiti boyunca yükselmesi gerekir. Bu, aynı zamanda o bölgedeki hava hızının düşmesi, azalması demektir (hatırlayın basınç arttıkça hava hızı düşer).

Ayrıca bilmeliyiz ki (bu konu daha detaylı olarak gelecek bir makalede ele alınacak), ana yelkenin rüzgâr altı tarafındaki yüksek hızlı havanın yavaşlaması ve güngörmez yakasına ulaştığında neredeyse serbest rüzgâr hızına kadar düşmesi gerekir. İşte burada havanın hızının azalması ve bunun sonucu olarak basıncın yükselmesi ayrılmaya neden olmaktadır.

⁷ (ç.n.) Aerodinamik alanında bir kesitin (ing. airfoil) çevresindeki akış neticesinde oluşan iki temel kuvvet (bu mühendislik alanı öncelikle uçaklar ile geliştiğinden dolayı) kaldırma kuvveti (ing. lift) ve sürtünme kuvveti (ing. drag) olarak adlandırılır. Bizim bu çalışmamızda yelken için de geçerli olmasına rağmen, kaldırma kuvveti yerine itme kuvveti ifadesini kullanmayı daha uygun bulduk.

⁸ (ç.n.) Reynolds sayısı akışkanın atalet kuvvetleri (yoğunluk ve hız) ile viskoz kuvvetleri arasındaki oranı, akışkanın üzerinde ilerlediği yüzey uzunluğu ile birleştiren bir katsayıdır. Laminar akıştan, karışık akışa geçiş noktasını belirlemek için kullanılır.



Şekil 3

Şimdi baştaki ifademe geri dönelim; eğer ön yelken ile oluşturulan aralık ana yelken üzerinde havanın hızının artmasına neden oluyorsa, o zaman havanın güngörmez yakasına ulaştığında serbest rüzgâr hızına düşmesi için çok daha hızlı yavaşlaması gerekecektir. Bu daha büyük basınç gradiyenti ile akışın yüzeyden ayrılmasına neden olacaktır, buna engel olmak yerine.

Fakat yelken deneyimlerinden biliyoruz ki, ön yelken, ana yelken üzerindeki akışın ayrılmasına engel olmaktadır. Dolayısıyla ayrılmadan kaçınmak (azaltılmış basınç gradiyenti) için direktten itibaren güngörmeze kadar akış hızının daha az değişmesi gerekmektedir. Buradan da görülüyor ki, uygun açıklama, eğer ayrılma engellenmek isteniyorsa ön yelkenin ana yelkenin ön tarafında daha düşük akış hızlarına neden olduğu şeklinde olmalıdır.

Ön yelkenin, ana yelkenin ön kısmında nasıl daha düşük akış hızlarını yarattığı gelecek makalelerde detaylı olarak açıklanacaktır.

Ayrılma konusunu kapatmadan önce, teklif etmek istediğim ilginç bir fikrim var. Önce biraz geri plan bilgisi: pek çok yarışçı yelkenlerin ne zaman “stall” ettiğini görmek için yelken tüyleri kullanıyor. Bu tüylerin pozisyonları (ön yelkenin orsa yakasından 30 ilâ 45 cm) yelkenin “stall” ettiğinin (akışın tümünden ayıldığının) gerçekçi bir göstergesi olarak tecrübe ile belirlenmiştir. Yelken için en iyi trim, bu “stall” ettiği durum ile yelkenin terslemesi arasında bir yerlerdedir. Genellikle çok yakın olmasa da, terslemeye yakın taraftadır.

Geleneksel tüyler sadece “stall” durumunu gösterirler ki, rüzgârdan çok fazla açmışsınızdır; diğer taraftan yelkenin terslemesi de rüzgâra çok fazla girmiş olduğunuzu gösterir. Bizim ihtiyacımız olan şey terslemeye ya da “stall”a ne kadar yakın olduğumuzu gösterecek bir tersleme-stall uyarı cihazıdır. Sınır tabakası dışında kalan bölgedeki havanın davranışı ve sınır tabakasının orsa yakasına yakın olan kısmındaki davranışı bu bilgiyi bize verebilir.

Bir yelken terslemenin sınırında bir açığa getirildiğinde, durgunluk akış çizgisi düz bir şekilde orsa yakasına gelir ve rüzgâr altı taraftaki akışta ayrılma olmaz. Yelkenin

açısı (ç.n. hücum açısı, zahiri rüzgâr ile yaptığı açı) hafifçe arttırıldığında, durgunluk akış çizgisi aslında yelkene rüzgâr üstü taraftan gelir. Hava rüzgâr altına geçebilmek için orsa kenarı etrafından çok hızlı ve keskin bir dönüş yapmak zorunda kalır ve hemen ardından yavaşlamaya başlar.

Sınır tabakası bu hızlı yavaşlamaya dayanamaz ve daha orsa yakasında ayrılma gerçekleşir. Oysa hava akışı kendisini hemen yeniden yüzeye yapıştırır ve güngörmeze doğru akmaya devam eder. Burada, orsa yakasında küçük bir ayrılma bölgesi oluşur, bir baloncuk. Eğer yelkenin açısı biraz daha arttırılırsa, laminar ayrılmanın olduğu bölgenin de boyu uzar (ç.n. güngörmeze doğru, kesit boyunca). Bütün bu durum ve ayrıca (pratikte her zaman olmasa da) güngörmeze yakın bir yerde de başlayan ayrılma ile birlikte Şekil-3’te verilmiştir. Eğer yelken açısını arttırmaya devam edersek baloncuk patlayacak ve Şekil-2’deki gibi rüzgâr altı tarafın tümünde ayrılma olacaktır.

Benim düşüncem o ki, orsa yakasına yakın oluşan ayrılma baloncuğunun büyüklüğü yelkenin terslemeye mi yoksa “stall” durumuna mı yakın olduğunun göstergesi olarak kullanılabilir. Birçok sayıda kısa 7-8 cm’lik tüyler, orsa yakasının tam kenarından, geleneksel tüylerin olduğu yere kadar birbirleri ardına gelecek şekilde yelkene takılarak, orsa yakası ayrılma bölgesinin (baloncuğunun) boyutunu anlamak için kullanılabilir.

Rüzgâr altındaki bu tüylerin hepsi yatık iken durgunluk akış çizgisi tam orsa yakasına gelmektedir ve yelken de tersleme öncesi bir durumdadır (Şekil-4a).

Eğer sadece birinci tüy oynamaya başlarsa, ayrılma baloncuğu çok küçüktür (Şekil-4b). Tekne rüzgârdan açmaya devam ettikçe ayrılma balonu büyücek ve ilk iki veya üç tüy ters dönmeye başlayacaktır (Şekil-4c).

Açı büyüdükçe, yelkenin tümü “stall” durumuna düştüğü için geleneksel tüylerle birlikte hepsi oynayacaktır (Şekil-4d). Ayrılmanın tüm yelkene yayılmasından önce kaç tane tüyün hareketleneceği, tüylerin uzunluğuna ve yelkenin karakteristiğine bağlıdır.

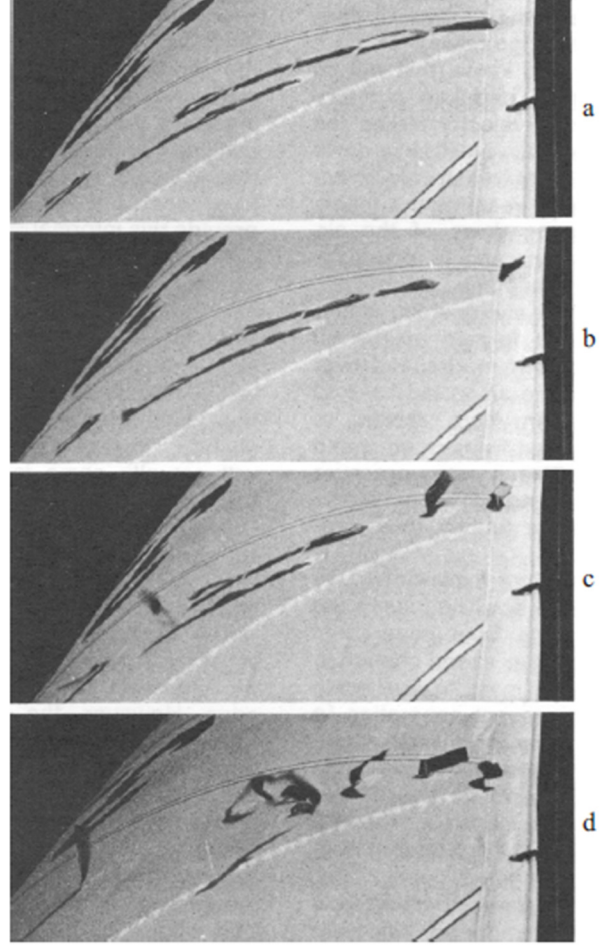
Orsa yakasına yakın bu kısa tüyleri kullanan arkadaşlarım (Gentry tüyleri diyorlar) yelkenin ince trim ayarlarında ve en iyi rüzgâr üstü yelken açısında kalmak için bunların çok yararlı olduklarını söylüyorlar. Kullanımında biraz pratik yapmak gerekebilir, fakat yaklaşan bir tersleme veya “stall” durumu için çok hassas uyarı veriyorlar. Yeni bir dümencinin rüzgâr üstü hünerini geliştirmesi için de yararlılar.

Yelkene yeni başlayan birisine yelkenleri terslemeden veya geleneksel tüyleri “stall” ettirmeden rüzgâr üstü seyri yap dersem, işi zor olacak. Birçok yelken açısında yelkenleri deneyecek ve bu arada tersleme ve geleneksel tüyler ona, ancak bir tarafa çok fazla gittiğinde uyarı vermiş olacaklar. Oysa eğer ona orsa yakasından itibaren yerleştirdiği kısa tüylerden birincisini hafifçe oynayacak ve geri kalanlarının akış içinde yatay kalacakları şekilde yelken açısını ayarla dersem, çok iyi bir rüzgâr üstü rotasında yelken yapmış olacak.

İlk iki veya üç tüy oynayınca, bilecek ki rüzgârdan fazla açmış ve geri gelecek, aksi halde yelken çok kısa sürede “stall” edecek. Tüm rüzgâr üstü tüyler düz bir şekilde akışla birlikte yatay iken, hatta birinci tüy oynamazken, yelken terslemenin tam sınırındadır. Bugüne kadar bu tüy sistemi boyları 8 metre ile 21 metre arasındaki teknelerde başarıyla kullanılmıştır.

Her zaman olduğu gibi, tüylerin görünmesi ve tüylerin orsa yakasının kenarına takılması, geleneksel tüylerdeki gibi problemdir. Ancak, orsa yakasında birden fazla ve farklı renklerde tüy ve bunların olduğu yerde yelken üzerinde plastik pencere kullanmak bu problemleri çözer. Teknenizde bunu deneyin, sevebilirsiniz.

Gelecek makale: itme kuvveti nasıl oluşur?



Şekil 4