

PLAZMANIN HAVACILIKTA KULLANIMI

Beycan İBRAHİMOĞLU¹, Seren Elifcan KIZIŞAR¹

¹Anadolu Plazma Teknoloji Enerji Merkezi, Ankara

DOI: [10.23890/SUHAD.2017.0201](https://doi.org/10.23890/SUHAD.2017.0201)

ÖZET

Plazma, son zamanlarda sanayinin pek çok alanında kendine yer edinmiş bir teknolojidir. Tıptan tekstile, gıda güvenliğinden malzeme işlemeye kadar çok geniş bir yelpazede kullanım alanı bulunan plazma, normal gazlardan farklı aerodinamik özelliğe sahip olması ile havacılıkta kendine yer edinebilmiştir. Günümüzde dünyanın pek çok ülkesinde hava araçlarında türbülans ve sürüklenme sorununun azaltılması, manevra kontrolünün sağlanması için plazma aktüatör sistemleri geliştirilmekte ve test edilmektedir. Yapılan çalışmalarda plazmanın farklı aerodinamik özelliklere sahip olmasının rüzgâr türbinlerinde daha az elektrik sarfiyatı ile daha fazla enerji elde edilebilmesini sağlayacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Plazma Fiziği, Aerodinamik, Hava aracı

USING PLASMA IN AVIATION

ABSTRACT

Plasma is a technology that has recently earned its place in many areas of the industry. Plasma, which has a wide range of applications, like medicine, textile, food safety and material processing, is able to acquire a place in aviation due to its different aerodynamic characteristics from normal gas. Today, in many countries of the World, plasma actuator systems are being developed and tested to provide maneuver control and reduce turbulence and drag issues in aircraft. In the studies carried out, it has been observed that the different aerodynamic characteristics of the plasma will enable more energy obtainment with less electricity consumption in the wind turbines.

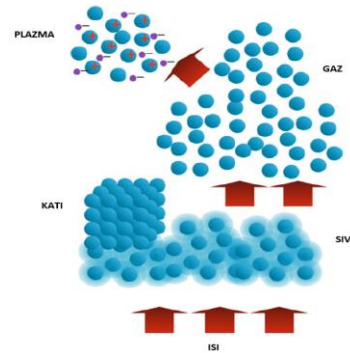
Keywords: Plasma, Aerodynamic, Aircraft

1. GİRİŞ

1.1. Plazma Nedir?

Yaklaşık yüz yıl kadar önce Crookes tarafından yapılan deneylerde elektron ve proton karışımı yüklü parçacıklardan oluşan yeni bir gaz türü gözlemlendi, 1923 yılında ise Irving Langmuir ve 1929 yılında Amerikalı bilim adamı Lrvy Tonks yaptığı deneylerde, elektrik deşarjı sırasında salınım yapan elektron bulutunu tanımlamak üzere “plazma” terimini kullandı ve plazma literatürde maddenin dördüncü hali olarak yerini aldı (Eliezer vd., 1989). Plazma ile ilgili geçmişten bugüne kadar gelen en büyük handikap iyonlaşmış gaz olarak ele alınmasıdır. Oysaki iyonlaşmış her gaz plazma olarak adlandırılmaz, iyonlaşmış gazın plazma olarak kabul edilebilmesi için bazı şartları sağlaması gerekir. Örneğin elde ettiğimiz iyonlaşmış gazın yarı-nötrallik (kuvazanötrallik) ve

elektriksel/manyetik güç ile tanımlanan özelliklere sahip olması gerekir (Wiesemann) bunun yanı sıra serbest hareket eden parçacıkların varlığı ve bu parçacıkların çok sayıda olması da plazma tanımının yapılması için gereklidir.



Şekil 1: Maddenin halleri (Wong vd., 2016)

Plazma tanımının yapılması için gerekli olan diğer kriterler şu şekildedir:

1.1.1. Kriter 1: $\lambda_D \ll L$

Burada L, plazmanın karakteristik boyutudur. Bu kriter, plazma serbest bir yük ile pertürbe edilirse geçerlidir, bu durumda serbest yükün etkisi plazmanın karakteristik boyutundan çok daha küçük olan bir Debye uzunluğunda kalacak şekilde korunmalıdır.

1.1.2. Kriter 2: $N_D = \frac{4}{3}\pi\lambda_D^3N \gg 1$

Debye küresinin içindeki parçacık sayısı " N_D " en az 1'den büyük olmalıdır. Bu plazmanın parçacık yoğunluğunun yeterince büyük olması gerektiği anlamına gelir.

1.1.3. Kriter 3: $\omega_p\tau > 1$

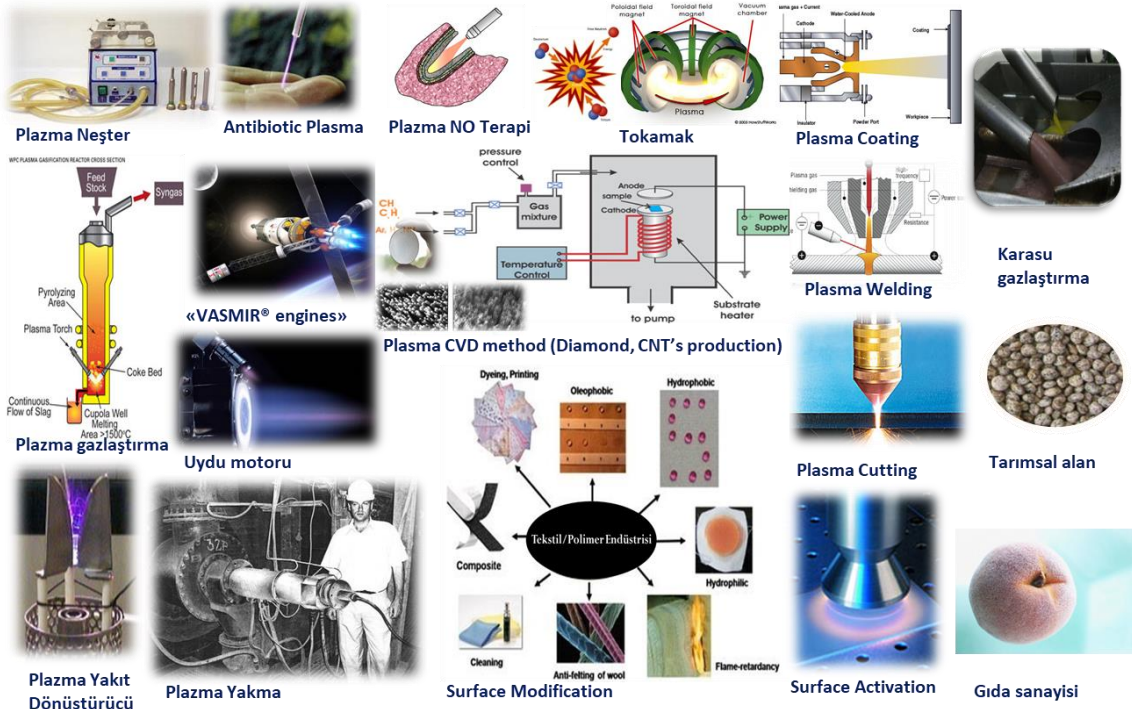
$\omega_p = 2\pi f_e$, elektron plazma titreşiminin açısal frekansı olup τ ise elektron-atom veya elektron-iyon çarpışmasının ortalama serbest zamanını ifade eder. Diğer bir deyişle plazma titreşim frekansı çarpışma frekansından yüksek olmalıdır. Bu, elektronun iki çarpışma arasındaki süreçte pek çok salınım yapması gerektiği anlamına gelir (Wong vd., 2016).

2. PLAZMA TEKNOLOJİSİNİN UYGULAMALARI

Plazma teknolojisi; askeri ve sivil amaçlı olmak üzere enerji, metalürji, tıp, tekstil, kaplama teknolojileri (yapay elmas üretimi vb.), uzay,

otomobil ve uçak sanayisinde geniş şekilde uygulanmaktadır.

Bilim adamları plazmayı uzay yarışlarının en yoğun olduğu 50 sene önce itki motorlarının verimini ve çalışma süresini artırmak amacı ile incelemeye başlamışlardı bu çalışmalar günümüzde de devam etmekte olup plazma itki mototrlarının geçmişten bugüne Hall etkili iticiler, Vasimr başta olmak üzere pek çok türü geliştirilmiştir (Asgarlı, 2012). Uzay araçlarındaki çalışmalar devam ederken bilim adamlarının ilgisini aynı zamanda uzay aracı kapsülünün yeryüzüne dönmekte olduğu sırada meydana gelen olaylar çekmişti. Atmosferin üst tabakalarına girişi sırasında kapsülün yüzeyi hava direncinden dolayı o kadar ısınır ki, kapsül etrafındaki gaz molekülleri bir plazma kılıfı oluşturarak iyonize olurlar. Daha sonraları yapılan araştırmalarda oluşan bu plazma kılıfı ile hızlı hareket eden objeler için hava direncinin azaldığı tespit edilmiştir (Hambling, 2013). Aynı zamanda plazmanın elektrik ve manyetik yapısı itibari ile gelen elektromanyetik dalgaları absorbe ederek radarlarda karışıklığa yol açması bilim adamlarının dikkatini çekmiş ve bu konu üzerinde de çalışmalar başlatılmıştır. Soğuk savaş döneminde Rus bilim adamları bu konu üzerindeki çalışmalarını büyük bir gizlilik içinde yürütse de daha sora SSCB'nin dağılması ile bu gizlilik ortadan kalkmış ve çalışmalara diğer ülkelerdeki bilim adamları da erişim sağlamış böylece bu alandaki çalışmalar artmıştır.



Şekil 2: Plazmanın çeşitli kullanım alanları

Plazmanın aerodinamik etkisine geri dönecek olursak bilim adamları plazmanın yapısını anladıkça plazma aerodinamiğinin hava aerodinamiğinden farklı olduğunu görmüş ve böylece plazma havacılıkta geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Örneğin rüzgâr jeneratörünün pervane kanadının etrafında oluşturulacak bir plazma kılıfı rüzgâr jeneratörüyle üretilen elektrik enerjisinin maliyetini düşürebilmektedir. Bir diğer örnek ise plazmanın, aşırı yakıt tüketen motorlara sahip otomobil ve uçaklarda kullanılması ile yakıt tüketimini azaltması ve dolayısıyla zararlı gazların emisyon miktarını azaltmasıdır.

Bilim adamları bu aerodinamik olayın (rüzgâr olayının) fiziki nedenlerini henüz anlamaya başladıkları sırada ABD'nin Knoxville Eyaletindeki Tennessee Üniversitesinin mühendisi Reece Roth ve meslektaşları muazzam bir atılım gerçekleştirerek meslektaşları ile birlikte 1998 yılında glow deşarj plazma panellerin, kıyasla daha düşük hızla seyreden objeler için bile ortam direncini azalttığını ortaya koydular. Bu gelişme ile birlikte plazmanın havacılıkta uygulamalı kullanım bulacağı yönünde umutlar doğdu (Roth vd., 1998).

Bu araştırma kapsamında ileriki yıllarda NASA'ya ait ABD'nin Virginia Eyaletindeki Hamilton Langley Araştırma Merkezi'nin aerodinamik tüneline (rüzgâr tüneline) yapılan deneylerle de plazmanın havacılıktaki mümkün kullanım yöntemi hakkında fikirler edinilmiş oldu (Schafer).

Teorik olarak hava ve kanat arasındaki sürtünme kuvvetinin minimum düzeye indirilebilmesi için, kanat yüzeyine en yakın hava tabakasının düzgün akım çizgileriyle hareket etmesi gerekir. Ancak gerçekte yüzey üstü hava tabakası çok kolay kopar ve kanat yüzeyinden uzaklaşır, dolayısıyla ortamın uçan nesnenin hareketine karşı direncini üç katına artıran türbülans olayı meydana gelir. Söz konusu türbülans sorununu ortadan kaldırmak üzere çalışmalara başlayan Roth ve meslektaşları, kanadın üst düzlemine, çok ince tabaka halinde elektrik izolasyon filmi bulunan iki adet elektrot yerleştirdiler ve bu elektrotlara uyguladıkları yüksek gerilim etkisi ile elektrotların arasındaki boşlukta bulunan havanın iyonizasyona uğramasını sağladılar böylece kanadın üst düzleminde oluşan plazma şeridinin sürtünme ve türbülansı azalttığını gözlemlədiler (Roth vd., 2000).

Yapılan çalışmalar sonucunda varılan sistemin etki prensibi hakkında varılan sonuç, plazmanın oluştuktan hemen sonra yalıtılmamış elektrotun plazmayı itmesi ve bunun sonucunda kanattan geriye ve aşağıya doğru akan "iyonik rüzgâr" oluşumudur. Bu akım sayesinde hız arttıkça kanadın yüzey tabakasındaki havanın hareket hızı artmakta olup bunun havanın kanadın üst

düzleminden "kopmasını" engelliyor olabileceği düşünülmüştür (Magnier vd., 2007).

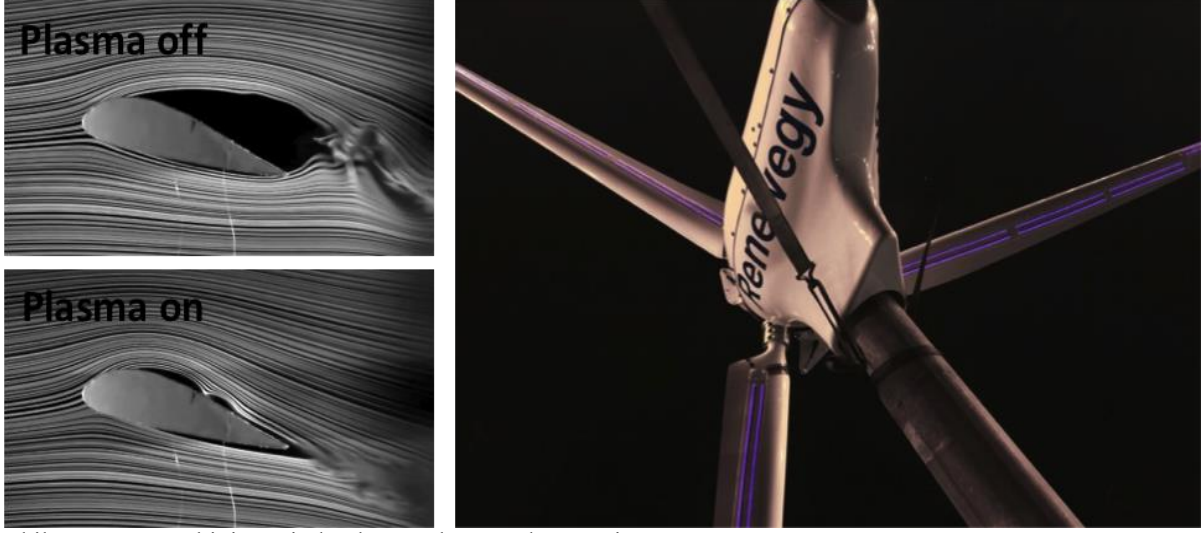


Şekil 3: Prototip kanat üzerinde plazma aktüatör görünümü (Ashley, 2016)

Söz konusu tasarımlar sivil havacılıkta da uygulama alanı bulabilir. Yılda yaklaşık 40 milyon ton jet yakıtı kullanan ABD sivil havacılığı için bu teknolojinin kullanılmasından elde edebilecek olan tasarruf hem yakıt fiyatları hem de yılda 5 milyon tonluk karbon dioksit emisyonu dikkate alındığında 1,5 milyar dolar olacaktır (Hambling, 2013).

Almanya'da ise Ravensburg'daki rüzgâr türbinleri için plazma regülâtörleri geliştiren Smart Balde Şirketinin Mühendisi Georgios Pechlivanoglou'nun da aralarında bulunduğu ekip tarafından rüzgâr türbinleri için plazma aktüatör geliştirilmesi konusunda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada pervanenin merkez bölgesinde dielektrik bariyer deşarj plazması oluşturularak akış kontrolü incelenmiş ve sonuç olarak doğal ayrılma noktasına doğru olan aktüatör konumlarında sürüklenme de önemli derecede azalma ve taşıma kuvvetinde artış görülmüştür (Eisele vd., 2011). Georgios Pechlivanoglou, rüzgâr türbinleri için plazma teknolojisini ucuz ve hiçbir hareketli parça içermeyen çok umut verici bir sistem olduğuna değinmiş ve elektrotların neredeyse pervane bıçaklarına bant ile yapıştırılacak kadar ince olduğunu ve bu nedenle de uygulamanın oldukça basit olmasının, plazma teknolojisini rüzgâr enerjisi sektöründeki işletmeler için oldukça cazip hale gelmesini sağladığını belirtmiştir (Hambling, 2013).

Yine başka bir şirket olan ve sabit kanatlı uçaklar, rotorlu araçlar, insansız hava araçları (İHA) ve mikro hava araçları (MHA) gibi aerodinamik uygulamalar için aktif akış kontrol cihazlarının geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapan Navatek şirketi, 2013 yılında rüzgâr enerjisinin maliyetini düşürmek amacı ile plazma akış kontrol sistemi geliştirmek üzere üç fazlı bir proje başlatmışlar ve başarıyla tamamlamışlardır (Fine vd., 2013).



Şekil 4: Rüzgâr türbini üzerinde plazma aktüatör denemesi

Notre Dame Üniversitesinin hava araçları tasarım mühendislerinden Thomas Corke yaptığı açıklamada NASA destekli demonstrasyon projesi kapsamında rüzgâr tüneli için geliştirilen plazma aktüatörler ile 100 kat daha az enerji ile 20 kat daha fazla itme gücü ve bunun yanı sıra sürüklenme miktarında %65 azalma elde etmiş olduklarını ifade etmiştir. Rüzgâr türbinine uygulandığında ise enerji kazanımında %10 artış ve rotor kanadı üzerindeki rüzgâr yükünde büyük ölçüde azalma gözlenmiş bu sayede daha uzun ömürlü olmaları sağlanmıştır (Welding, 2016). Thomas Corke sonuçları Predator UVA (İHA) tipi bir uçak için ölçeklendirdiğinde, plazma aktüatör eklenmesi durumunda etki aralığının %300 arttığını ve dayanıklılığının 24 saatten 36 saate çıktığını belirtmiştir (Ashley, 2016).

Plazma aktüatörler bahsedilen tüm bu avantajlarının yanı sıra oldukça hassas çalışma gerektirmektedirler. Aktüatörlerin doğru çalışmasının sağlanabilmesi için plazma çok yüksek doğrulukla monte edilmesi gerekmektedir öyle ki bu konuda yapılan çalışmalarda

konumlandırılmadaki çok ufak bir sapmanın dahi hava ortamının direncini artıracakı tespit edilmiştir. 2009 yılında birkaç Avrupa Ülkesi yüzey ve ark deşarj plazma aktüatörlerin hava araçlarının akışlarını nasıl etkilediği ve nasıl kontrol ettiğini araştırmak ve sonucunda bu ve buna benzer birkaç soruna çözüm bulmak üzere bir araya gelmiştir. PLASMAERO Projesinin çerçevesinde bu aerodinamik fenomenin fiziki nedenleri araştırılmaktadır. Plazma jeneratörlerinin verimliliğinin artırılması amacının dışında, projeye UAV insansız hava araçlarının kapakçık kanatları ile diğer hareketli parçaları olmadan sadece plazma jeneratörlerin yardımıyla kumanda ve kontrol edilmesinin öğrenilmesi gibi hedefler de vardır. Proje kapsamında 2012 yılında Almanya Darmstadt'ta daha ileri seviye bir insansız hava aracında (Şekil 5) gerçekleştirilen test başarı ile sonuçlanmıştır daha önce 2007 yılında ise General Electric tarafından F-16 jet uçaklarında sürüklenmenin azalmasını test etmek üzere plazma aktüatörlerin testi yapılmıştır (Hambling vd., 2013).



Şekil 5: Plasmaero projesi kapsamında İHA üzerinde yapılan plazma aktüatör denemesi (Landewers, 2014)

Bununla birlikte bu teknoloji, şimdilerde bile hava aracı tasarımcılarına aerodinamikle ilgili eski görüşlerini revize etmeleri için ilham vermektedir. Kanadın tüm yüzeyinin plazma jeneratör elektrotlarıyla kaplanması durumunda bu durumun plazma elektrotlarının uçak kanadının sadece ön kenarında takılmasına göre daha büyük avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

Uçan araçların verimliliğini radikal bir şekilde iyileştirmenin diğer bir yolu da yıldırım kanalı misali bir boru içinde uçuş yöntemidir. Bu yöntem, sadece ortam direncinin azaltılması olanağını sağlamakla kalmayıp, uçağın “raylar üzerindeymiş gibi” önünde sürekli oluşturulan plazma tüneli içinde yönetilmesini de sağlayacaktır. Bu fikri geliştiren ABD’nin Arizona Tucson’daki PM&AM Research Şirketinin Genel Müdürü Kevin Kremeyer’dir. Kremeyer hava aracını, güzergâhı önüne ard arda “ateşlenen” ve her biri dar bir plazma kanalı oluşturacak olan çok güçlü aşırı kısa süreli itme gücü sağlayacak muazzam güçlü lazerlerle donatmayı planlamıştır (Hambling, 2013). Hesaplamalar göstermektedir ki havacılık için plazma aktüatör teknolojisi uzun vadede büyük miktarda enerji tasarrufuna olanak sağlayacak, kurulum maliyetini düşürecek ve zararlı emisyon salınımını azaltabilecektir. Bunun için önemli olan, gerekli şekil ve ebatlardaki plazma kanalını oluşturmayı öğrenebilmemizdir.

3. SONUÇ

Yapılan araştırmalarda varılan sonuç iyonize gazın hava akımının karakterini değiştirerek kanat etrafında pürüzsüz bir laminar hava akışı sağlar örneğin bu şekilde rüzgâr türbininin kanatları etrafında plazma kılıfı oluşturularak üretilen elektriğin fiyatı düşürülebilir. Görüldüğü üzere plazma içerisinde hareket eden objenin aerodinamiği havadan tamamen farklıdır ve bu durum gelecekte hava ulaşım araçlarında plazma teknolojisinin tercih edilme olasılığını artırmaktadır. Plazmanın hava akış kontrolü sağlama İHA’ların klapeler veya diğer hareketli parçalar kullanılmadan sadece plazma jeneratörleri ile yönlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Plazma teknolojisinin havacılıktaki kullanımı ile ilgili çalışmalar kanadın kenarları değil tüm kanat yüzeyine uygulandığında daha büyük bir avantaj sağlayacağıın anlaşılması üzerine bu yönde ilerletilmektedir.

Plazmanın hava akış kontrolü dışında aynı zamanda iyonize gazın radar sinyallerini absorbe etmesi, gezegene dönen uzay aracı için ciddi bir sorundur çünkü bu etkinin bir sonucu olarak yer istasyonundan, dönen kapsülün yörüngesini takip etmek zorlaşır. Ancak aynı etkiden, askeri uçakların radar tarafından fark edilmemesi şeklinde yararlanmak mümkündür. Bunun için “plazma görünmezlik” adı altında çalışmalar başlatılmıştır.

Bu teknoloji, ABD’de yeni nesil insansız savaş uçağı F-117 ve B-2’de STEIS teknolojisi kullanılmaktadır, Rusya’da da aynı şekilde hem kara hem de hava araçlarında radardan korunmak için plazma teknolojisi geliştirmiştir.

Günümüz şartlarında, teknoloji seviyemizin öncül ülkeler ile rekabet edecek düzeye erişebilmesi için plazmanın havacılık ve savunma sanayi sektöründe kullanılabilecek bu avantajları üzerine yapılacak çalışmaların başlatılması ve uygulamaya geçilmesi üzerinde durulması gereken bir konudur. Başta üniversiteler ve meslek liseleri sonrasında ise sanayide olmak üzere plazma teknolojisinin önemini anlaşılmasını sağlamak bu doğrultuda atılacak önemli bir adımdır. Türkiye’de şu an Ar-Ge ve sanayi boyutunda plazma teknolojileri alanında çalışmalar yapan şirket olarak Anadolu Plazma Teknoloji Enerji Merkezi bulunmaktadır. Geleceğin teknolojisi olarak görülen plazma teknolojisi sanayinin pek çok alanında kullanılabilecek düzeyde olup bu konuda yapılacak çalışmalar revaçta olan bu teknolojinin yaygınlaşması için büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Asgarlı T., Yalçın O., Bilen H., İbrahimoglu B., "A Novel Double Stage Hall-Effect Thruster With Rounded Ionization Chamber," Plasma Physics and Plasma Technology, VII International Conference On, Minsk, Belarus, (2012)
- Ashley, Steven, Flying with the Fourth State of Matter. NovaNext: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/space/plasma-air-control/>, 2016
- Eliezer Y., Eliezer S., “The Fourth State of Matter”, IOP, 1989
- Eisele O., Pechlivanoglou G., Nayeri C.N., Paschereit C.O., “Flow Control Using Plasma Actuators at The Root Region of Wind Turbine Blades”, Proceedings of DEWEK, (2011).
- Fine N. E., Szlatenyi C., Rosenthal B., “Test-bed and Full-Scale Demonstration of Plasma Flow Control for Wind Turbines Phase I Final Report”, (2013)
- Hambling, D “Plasma For Everyone”, http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=387&d_no=54325#.WV99qIjyiUl, (2013)
- Hambling D., Crystall B., “Glow planes: Plasmas take the drag out of air travel”, New Scientist, 9, (2013)
- Landewers A., Gloeiende vleugels: plasma en weerstandsvermindering, <http://avianet.eu>, (2014)
- Magnier P., Hong D., Chesneau A. L., Bauchire J. M., Hureau J., “Control of separated flows with

- the ionic wind generated by a DC corona discharge. Experiments”, 815-825, (2007).
- Roth J. R., Sherman D. M., “Electrohydrodynamic Flow Control with a Glow-Discharge Surface Plasma”, AIAA JOURNAL, 1166-1172, (2016)
- Roth, J. R.; Sherman Daniel M., Wilkinson, Stephen P. Boundary Layer Flow Control with a One Atmosphere Uniform Glow Discharge Surface Plasma. Aerospace Sciences Meeting and Exhibit; 36th; United States. Hampton: NASA Langley Research Center, (1998).
- Schaefer W. T., “Characteristics Of Major Active Wind Tunnels At The Langley Research Center”. Langley Station, Hampton: Langley Research Center
- WELDING, N., “Wind Energy to Benefit from Notre Dame Plasma Research”, University of Notre Dame: <https://engineering.nd.edu/news-publications/pressreleases/wind-energy-to-benefit-from-notre-dame-plasma-research>, (2016)
- Wiesemann, K. “A Short Introduction to Plasma Physics.” t.y., y.y.
- Wong C. S., Mongkolnavin R., “Elements of Plasma Technology”, Springer Singapore. (2016)