

# VORTEKS TÜPLERİN TÜRKİYE'DEKİ DOĞAL GAZ BORU HATLARINDA KULLANIM OLANAKLARI

Mehmet YILMAZ  
Adem ÇELİK  
Mehmet KAYA  
Kadir BAKIRCI

## ÖZET

Bu bildirinin amacı vorteks tüplerin Türkiye'deki doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında kullanıma olanaklarını araştırmaktır. Vorteks tüpler doğal gaz dağıtım, basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında basınç düşürücü, gaz temizleyici ve ısıtıcı olarak kullanılabilirler. Vorteks tüplerin basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında kullanılması ile basınç regülatörlerinin yükünün azalarak daha güvenilir ve kararlı çalışmasının sağlanması, doğal gazın ısıtılması için ısıtıcılar kullanılması gerekmediğinden veya ısıtıcıların yükü azaldığından yakıttan tasarruf elde edilmesi ve yanma ürünlerinin çevreye atılmasının önlenmesi, vorteks tüpten çıkan soğuk akım kullanılarak çeşitli soğutma fonksiyonlarının yapılabilmesi gibi önemli avantajlar elde edilebilir. Bildiride doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları hakkında bilgi verilmiş, doğal gaz sıcaklığı ve bu sıcaklığa etkileyen parametreler ve etkileri incelenmiştir. Vorteks tüplerin basınç düşürme istasyonlarında nasıl ve hangi amaçlarla kullanılabileceği anlatılmıştır. Erzurum-1 RM/A için yapılan ön değerlendirmeler vorteks tüplerin bu istasyonlarda kullanılmasının önemli avantajlar sağlayabileceğini göstermektedir.

## 1. GİRİŞ

Gaz üretim merkezlerinde üretilen doğal gaz boru hatları vasıtasıyla genellikle yüksek basınç ve hızlarda çeşitli dağıtım şebekelerine taşınırlar. Ancak boru hattındaki yüksek basınçlı doğal gazın basıncı dağıtım şebekelerine girmeden önce kullanılabilir seviyeye düşürülmelidir. Doğal gazın basıncı basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında düşürülür. Bu istasyonlar doğal gaz hatları boyunca gaz basıncının istenen seviyeye düşürülmesi, gaz debisinin ölçülmesi ve gazın kokulandırılması amacıyla kurulurlar. Doğal gazın basıncının düşürülmesi gaz sıcaklığının düşmesine neden olur. Doğal gazın bileşimi ve haline bağlı olarak her 1 barlık basınç düşümü başına yaklaşık 0.4-0.6 °C'lik sıcaklık düşümü meydana gelir. İstasyona giren gazın düşük sıcaklığı ve gerçekleşen yüksek basınç düşümünün sonucunda gaz sıcaklığı sık olarak donma noktasının aşağısına düşebilir. Bu durum doğal gazın içerisinde bulunan küçük su zerreciklerinin donarak regülatör valflerinin tıkanmasına eden olur. Çoğu uygulamalarda ortaya çıkan sıcaklıklar suyun donması için gerekli kritik sıcaklıktan daha düşük olur ve buna bağlı olarak boru hatlarında tıkanma, deformasyon ve arızalar meydana gelebilir [1-3].

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarındaki bu istenmeyen olayları önlemek amacıyla doğal gaz genellikle regülatörlere girmeden önce çeşitli yöntemlerle ısıtılır. Bu amaçla kullanılan ısıtma sistemlerinde doğal gaz yakılarak ısıtma için gerekli enerji sağlanır. Bu ısıtıcılara alternatif olarak vorteks tüp, doğal gazın yakılmasına gereksinim duyulmaksızın gerekli ısıyı sağlayabilir. Vorteks tüp ayrıca regülatör ve ısıtıcı bulunan basınç düşürme istasyonlarında da doğal gazı ısıtmak için gerekli enerji tüketimini azaltmak ve soğutma işlevi sağlamak amacıyla da kullanılabilir [4-9].

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları ve vorteks tüpler için bilinen tasarımlar olmasına rağmen bunların birlikte çalıştığı tasarımlarla ilgili deneyim çok fazla yoktur. Vorteks tüpler doğal gaz dağıtım istasyonlarında “basınç düşürücü olarak”, “gaz temizleyici olarak” ve “ısıtıcı olarak” kullanılabilir. Ayrıca vorteks tüpten çıkan soğuk akım bir ısı değiştirici kullanılarak çeşitli soğutma görevlerini yapabilir. Bunlar arasında yakındaki binaların iklimlendirilmesi, sıvılaştırılmış doğal gazın ön soğutulması ve türbin yağlama yağı veya transformatör yağ soğutması vb. işlevler sayılabilir [4]. Orenburg gaz endüstri sisteminde vorteks tüp, gaz dağıtım istasyonundaki soğutma uygulamaları için soğuk kaynak olarak kullanılmaktadır. Buradaki vorteks tüp, istasyon için soğutma sağlamada kontrollü bir fonksiyon yerine getirmektedir. Mischner vd. [5] vorteks tüplü gaz basınç düşürme istasyonu kavramını geliştirmişler ve prototip kurarak denemeler yapmışlardır. Basınç düşürme istasyonlarında ilave enerji kullanmadan dış yüzeylerde su yoğuşması ve/veya buz oluşumunu engellemek için vorteks tüp teknolojisini kullanmanın uygun olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılara göre mevcut bir basınç düşürme istasyonu vorteks tüplü hale dönüştürülebilir. Ayrıca vorteks pilot gaz ısıtıcıları geliştirilmiştir. Bu ısıtıcılar ABD, Kanada, Fransa, İspanya, Arjantin ve Avustralya vb. birçok ülkede kullanılmaktadır [6]. Oklahoma Üniversitesi’nde yapılan bir araştırmada katalitik ısıtıcılar yerine vorteks ısıtıcılar kullanılmasının mali analizi yapılmış ve vorteks ısıtıcıların ekonomik olarak oldukça tasarruflu olacağı belirlenmiştir [7]. Yapılan araştırmalar vorteks tüplerin basınç düşürme ve kompresör istasyonları ile güç sistemlerinde enerji israfını ve hava kirliliğini önleme ve aynı zamanda serbest bir soğutma görevi yapma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Bu bildirinin amacı vorteks tüplerin Türkiye’deki doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında kullanıma olanaklarını belirlemektir. Doğal gaz iletim hatları üzerinde 200 civarında basınç düşürme ve ölçüm istasyonu bulunmaktadır [10]. Bildiride bu istasyonlarda güncel olarak kullanılan sistemler açıklanmış, doğal gaz sıcaklığı ve bu sıcaklığı etkileyen parametreler ve etkileri incelenmiştir. Erzurum-1 RM/A için ön değerlendirme yapılarak vorteks tüplerin bu istasyonda kullanım olanağı değerlendirilmiştir.

## 2. BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONLARI

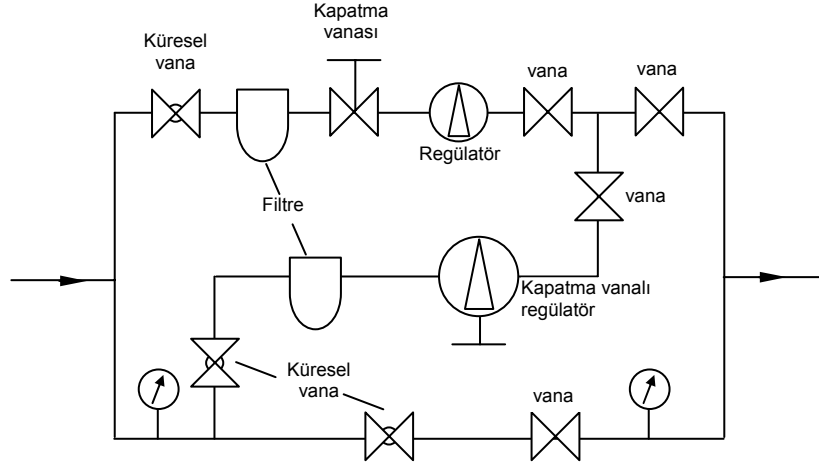
Doğal gazın basıncının düşürüldüğü, ayarlandığı ve doğal gaz miktarının ölçüldüğü istasyonlar “basınç düşürme ve ölçüm istasyonları” olarak adlandırılmaktadır. Bu istasyonların doğal gazın mekanik kirlilikler, su ve kondensatlardan temizlenmesi; basıncın düşürülmesinden önce gazın ısıtılması, giriş basıncının gerekli çıkış basıncı seviyesine düşürülmesi; gazın kokulandırılması; gaz debisinin ölçülmesi vb. işlevleri bulunmaktadır. A ve B tipi olmak üzere iki tip basınç düşürme ve ölçüm istasyonu bulunmaktadır [2,3, 9-14].

### 2.1. A Tipi Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu

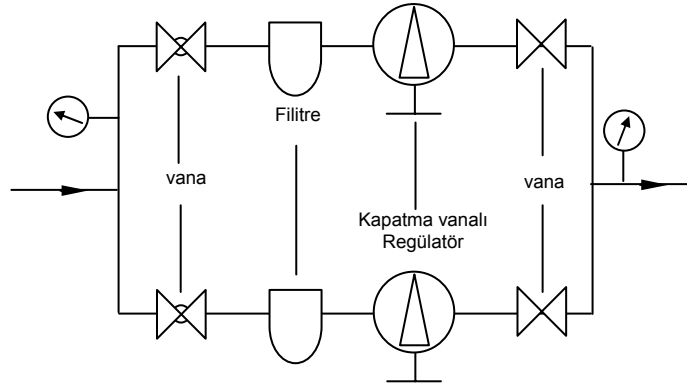
A tipi istasyon, doğal gaz ana iletim hatlarında yüksek basınçla iletilen gazı 25-19 bar basınç düzeyine indiren, bir başka ifadeyle giriş basıncı 25 bardan büyük olan istasyondur. A tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonunun elemanları ve çalışma sistemi Şekil 1’de şematik olarak verilmiştir. İstasyon temel olarak filtrasyon bölümü, ısıtma ve basınç düşürme bölümü ile ölçüm bölümü olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Bu tip istasyonda ana hattan başka bir yedek hat, ayrıca herhangi bir arıza olasılığına karşı bir bypass hattı bulunmaktadır. İki hattan oluşan filtrasyon bölümü, boru hatlarından gelen doğal gazın içerisinde istenmeyen parçacıkların filtreden geçirilerek tutulmasını sağlamaktadır. Isıtma ve basınç düşürme bölümünde her biri tam kapasiteyle çalışan regülatörlerden oluşan iki ayrı hat vardır. Her bir hat üzerinde biri aktif, diğeri yedek olmak üzere iki regülatör bulunmaktadır. Ayrıca çıkış vanasının bulunduğu yerde maksimum kapasitenin %10’unu atabilen tahliye vanası bulunmaktadır. Ölçüm bölümünde ise ticari ölçüme esas olan türbinmetre grubu ve ayrıca kontrol amaçlı ultrasonikmetre bulunmaktadır. Ölçüm bölümünde gerekli ölçüm ve kontrollerin yapılabilmesi için basınç ve sıcaklık göstergeleri bulunmalıdır [2,3, 9-14].

## 2.2. B Tipi Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu

Giriş basıncı 25 bardan küçük olan istasyonlara B tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonu denilmektedir. Endüstriyel tesislerde gaz teslim noktası çıkış basıncının, tesisatın tasarımı gereği farklı basınç değerlerine düşürülmesi gerektiği durumlarda B tipi basınç düşürme istasyonu kurulmalıdır. B tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonunun elemanları ve çalışma sistemi Şekil 2'de şematik olarak verilmiştir. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonu çift hatlı ise B tipi basınç düşürme istasyonu da çift hatlı olmalı veya ikinci bir monitör regülatör konmalıdır. B tipi basınç düşürme istasyonundan sonra, gaz kullanım ünitelerine giden branşmanların dağılımı bir kolektör ile yapılıyorsa, kolektörün kesit alanı branşmanların kesit alanlarının toplamının 1.5 katına eşit olmalıdır [2,3, 9-14].



Şekil 1. A tipi basınç düşürme istasyonu.



Şekil 2. B tipi basınç düşürme istasyonu.

## 3. DOĞAL GAZ SICAKLIĞI

Doğal gaz boru hattında akan gazın sıcaklığını hattın çevresindeki toprak sıcaklığı ve atmosfer sıcaklığı ile basıncın düşürülmesi etkiler. Bunun sonucunda hidrokarbon sıvı damlacıkları oluşabilir. Çevre sıcaklıkları akan gazın sıcaklığından ve gaz akımının hidrokarbon çığ noktası sıcaklığından düşük olduğu zaman önemli olmaktadır. Basıncın yüksek basınçtan düşük basınca düşürülmesi Joule-Thompson etkisi sonucu gaz akımının sıcaklığını hızlı bir şekilde düşürür [1].

Boru hattının geçtiği derinlikteki toprak sıcaklığı akan gazın sıcaklığını etkileyen faktörlerden biridir. Genel olarak kompresör istasyonundan çıkan gazın sıcaklığı 38-49 °C arasında değişir. Gaz kompresör istasyonundan çıktıktan sonra yeraltında taşınır ve gazın sıcaklığı, çevresindeki toprak sıcaklığı ile akan gazın sıcaklığı arasındaki fark nedeniyle hızlı bir şekilde düşer. Hidrokarbon damlacıklarının oluşma potansiyeli, toprak sıcaklığı hidrokarbon çığ noktasının aşağısında veya yakınında olduğu zaman artar. Bu durum ile boru hattının don hattının üzerinde olabileceği soğuk iklimlerde karşılaşılır. Don hattı donun toprağa nüfuz ettiği ve toprak sıcaklıklarının 0 °C'ye düşebileceği derinliktir. Don hattının üzerinde bulunan boru hatları 0 °C'den daha düşük sıcaklıklara sahip olabilir. Ülkemizin soğuk bölgelerinde bulunan boru hatları don hattının aşağısında monte edilmişlerdir ve bu nedenle boru hattında muhtemelen donma noktasının aşağısına düşülmeyebilir. Örnek olarak Erzurum'da doğal gaz boru hattı 1 m derinlikte bulunmaktadır. Oysaki Erzurum ilinde don derinliği yaklaşık olarak 60 cm'dir [1, 15].

Boru hattında akan gazın sıcaklığını etkileyen diğer bir faktör çevre havası sıcaklığıdır. Boru hattı basınç düşürme ve ölçüm istasyonuna ve kompresör istasyonuna yakın veya yer üstünde olduğu zaman gaz, çevre havası sıcaklığına bağlı olarak ısınacak veya soğuyacaktır. Burada önemli olan akan gazın sıcaklığının hidrokarbon çığ noktasının aşağısına düşmesine neden olacak kadar çok ısı kaybıdır. Bazı büyük şehir istasyonları veya gaz proses tesisleri, çevre havası sıcaklığının özel öneme sahip olduğu boru hatlarında izolasyon kullanırlar. Ancak çoğu durumlarda atmosferik korozyonu gözlemlemek için görsel muayene gereksinimleri nedeniyle izole edilmezler. Ayrıca pratik olarak küçük boru çapları genellikle izole edilmezler [1].

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında basıncın düşürülmesi gazın sıcaklığının düşmesine yol açar. Yaklaşık bir hesapla 1 bar basınç düşümü başına 0.4-0.6 °C'lik bir sıcaklık düşümü oluşur. Bu kural yaklaşık 70 bara kadar basınçlar için geçerlidir. A tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonunda giriş basıncı 70 bar ve çıkış basıncı 25 bar olarak dikkate alınsın. Regülatörde gaz sıcaklığı yaklaşık olarak  $(70 - 25) * 0.4 = 18$  °C ile  $(70 - 25) * 0.6 = 27$  °C arasında düşer. Örneğin Erzurum'da ocak ayında toprak sıcaklığına dayanan gaz sıcaklığı 4 °C, toprak üzerinde 1 °C'lik sıcaklık düşmesi olursa ve basınç düşümü nedeniyle 18 °C'lik sıcaklık düşümü baz alınırsa ısıtılma olmaksızın gaz sıcaklığı -15 °C, 27 °C'lik sıcaklık düşümü baz alınırsa ısıtılma olmaksızın gaz sıcaklığı -24 °C olur.

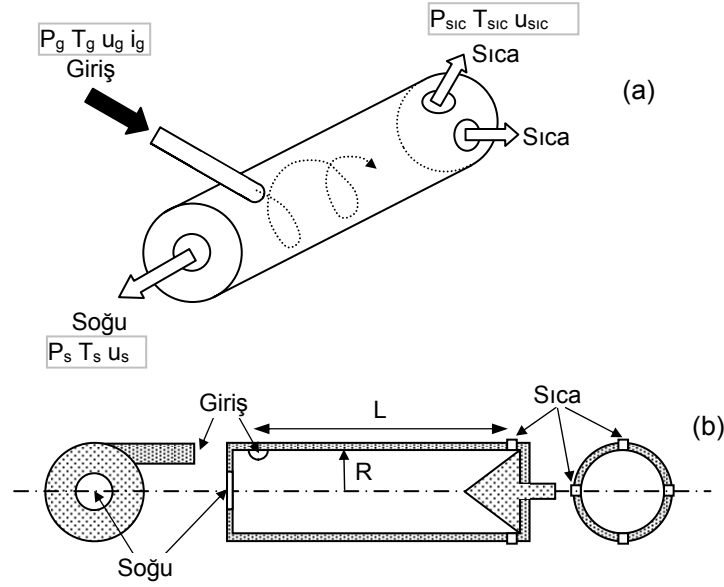
Genellikle B tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında giriş basıncı 25 bar ve çıkış basıncı 4 bar'dır. Yukarıdaki örnek dikkate alındığında bu istasyonlarda  $(25 - 4) * 0.4 = 8.4$  °C ile  $(25 - 4) * 0.6 = 12.6$  °C arasında ilave bir sıcaklık düşümü oluşur. Bu sıcaklık ortalama olarak 10.5 °C olarak alınırsa B tipi istasyon çıkışında doğal gaz sıcaklığı -25.5 °C veya -34.5 °C olur. Bu düşük sıcaklıklarda çalışma, hidrokarbon yoğunlaşması ve ayrıca donan suyun katı metan hidratları oluşturması nedeniyle katıların blokajına veya konutsal, ticari tüketicilerin servisinin donmasına neden olur. Küçük orifislerde veya regülatör kontrol cihazları borularında hidratların oluşması gaz akışının kesilmesine ve bazı durumlarda yüksek basınçtan koruyan cihazın çalışmasının durmasına neden olur. Bu düşük sıcaklıklar basıncın düşürülmesinin gaz sıcaklığını ne kadar çok etkilediğini göstermektedir.

## 4. DOĞAL GAZIN VORTEKS TÜPLERDE KULLANILMASIYLA ELDE EDİLEBİLECEK SICAKLIKLAR

### 4.1. Vorteks Tüpler

Vorteks tüpler ilk olarak Ranque tarafından 1928 yılında keşfedilmiş ve Hilsch tarafından 1947 yılında geliştirilmiştir. Bu araştırmacıların ismine hürmeten bu tüpler Ranque Vorteks Tüpü (RVT), Hilsch Vorteks Tüpü (HVT) ve Ranque-Hilsch Vorteks Tüpü (RHVT) olarak adlandırılmaktadır. Vorteks tüpleri, sadece basınçlı gaz ile çalışan, kontrol vanası hariç hiçbir hareketli parçası olmayan basit bir mekanik cihazdır [16].

Bu basit mekanik cihaz, tüpe teğetsel olarak giren yüksek basınçlı gaz akımını biri giriş gazından daha sıcak diğeri giriş gazından daha soğuk düşük basınçlı iki akıma ayırmaktadır. Şekil 3'de bir vorteks tüpünün çalışmasının ve tüp geometrisinin şematik resmi gösterilmiştir. Vorteks tüplerin uygulama alanları, kompaktlık, güvenilirlik ve düşük cihaz maliyetlerinin temel faktörler olduğu alanlardır. Bu nedenlerle kompaktlık, güvenilirlik ve düşük cihaz maliyetlerinin temel faktörler olduğu ve çalışma veriminin daha az önemli olduğu alanlarda RHVT çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunlar arasında gaz ısıtması, gaz soğutması, gazın temizlenmesi, gaz kurutulması, gaz karışımlarının ayrıştırılması, DNA uygulamaları, doğal gazın sıvılaştırılması ve diğerleri sayılabilir [16-18].



Şekil 3. Vorteks tüpü (a) Çalışma şematığı ve parametrelerin tanımı. (b) Tüp geometrisi [17].

#### 4.2. Doğal Gazın Vorteks Tüplerde Kullanılmasıyla Elde Edilebilecek Sıcaklıklar

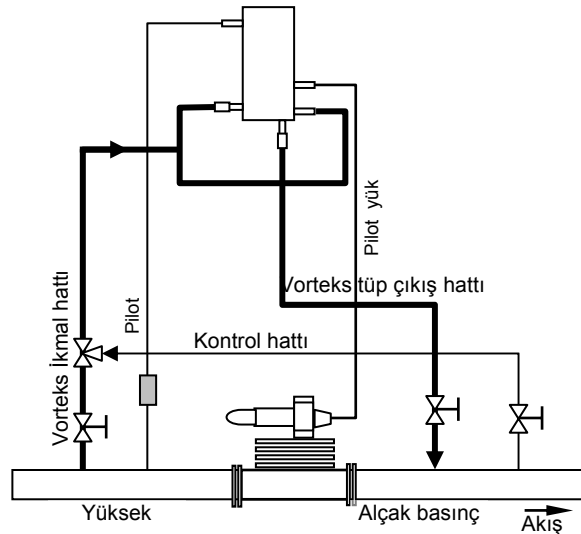
Vorteks tüplerinde basınçlı akışkan olarak genellikle hava kullanılmakta ve oldukça düşük sıcaklıklar elde edilebilmektedir. Örneğin hava kullanılan vorteks tüplerde soğuk akımın sıcaklığı  $-50^{\circ}\text{C}$  kadar düşük, sıcak akımın sıcaklığı ise  $+200^{\circ}\text{C}$  kadar yüksek olabilmektedir. Bunun yanında daha az sayıda da olsa buhar, doğal gaz, hidrokarbonlar ve diğer gazların kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Williams [19] akışkan olarak metan kullandığı çalışmada RHVT performansının hava kullanıldığında elde edilen performansa oldukça benzer olduğunu bulmuştur. Williams'a göre vorteks tüpler, doğal gaz içerisindeki nemin ve diğer maddelerin yoğunlaştırılarak alınması amacıyla kullanılabilir. Vorteks tüplerde elde edilebilecek minimum ve maksimum sıcaklıklar geliştirilen çeşitli modeller kullanılarak veya deneysel olarak bulunabilir. Gerçek bir vorteks tüpteki sıcaklık ayrışması akışkanın cinsine, boyutsuz basınç oranına, soğuk akış kütleli debi oranına, tersinmezlik derecesine ve diğer geometrik ve çalışma parametrelerine bağlıdır. Genel olarak, vorteks tüpün veriminin ıslaklık oranının artmasıyla azaldığı ve buhar ile hidrokarbonlar kullanıldığında elde edilen sonuçların havanıninkine büyük oranda benzediği ifade edilebilir [17-19]. Vorteks pilot gaz ısıtıcılarının kullanılmasıyla vorteks tüpten çıkan soğuk akım sıcaklığının  $-29$  ile  $-35^{\circ}\text{C}$  değerlerine kadar düştüğü ifade edilmektedir [6].

## 5. VORTEKS TÜPLERİN BASINÇ DÜŞÜRME İSTASYONLARINDA KULLANIMI

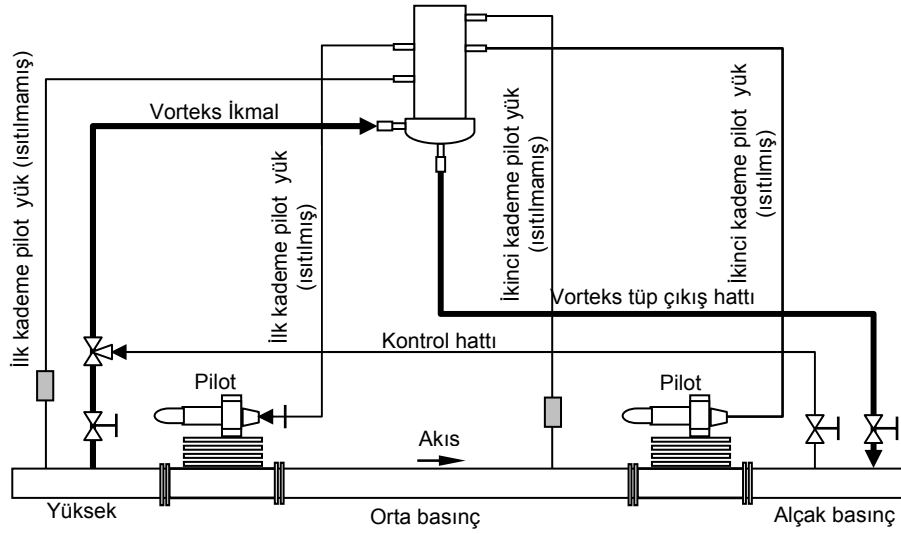
Doğal gazın basıncı basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında regülatörler kullanılarak düşürülür. Ancak regülatörlerde doğal gazın basıncının düşürülmesi Bölüm 3’de belirtilen sorunları ortaya çıkarır. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarındaki bu istenmeyen olayları önlemek amacıyla doğal gaz genellikle regülatörlere girmeden önce çeşitli yöntemlerle ısıtılır. Özellikle soğuk iklimlerde istasyona giren doğal gaz ısıtılmalıdır. Isıtıcıların kullanılmasıyla gazın sıcaklığında oluşan artış kullanılan ısıtıcının tipine bağlıdır. Bu tip ısıtma sistemlerinde genellikle doğal gaz yakılarak gazın ısıtılması için gerekli enerji sağlanır. Tipik konfigürasyonda ısıtıcı ve regülatör seri bağlanır. Isıtıcının girişi istasyona giren gaz hattına ve regülatör çıkışı istasyondan çıkan gaz hattına bağlanır. Isıtma prosesi için gerekli enerji miktarı basınç düşümüne, akış debisine ve giren gazın sıcaklığına bağlıdır. Doğal olarak bu miktar istasyona giren gaz ile istasyon çıkışındaki istenen gaz özelliklerine bağlı olarak istasyondan istasyona değişir. Bu enerji miktarı özellikle soğuk iklimlerde önemli olabilir. Bazı durumlarda basınç regülatörlerinden önce doğal gazın sıcaklığını artırmak amacıyla su banyosu ısıtıcıları kullanılabilir. Bu ısıtıcılarda suyun içerisinde bulunan boru demeti içerisinde akan doğal gaza ısı aktarılır. Bu ünitelerde doğal gaz yakıldığından hava gerektirirler. Ancak gaz ısıtıcıları kentsel bölgelerde mekan sınırlamaları nedeniyle pratik veya fizibil olmayabilir [1].

Bu ısıtıcılara alternatif olarak vorteks tüp doğal gazın yakılmasına gereksinim duyulmaksızın gerekli ısıyı sağlayabilir. Vorteks tüpün girişi istasyona giren istasyon gaz hattına bağlanır. Vorteks tüpün soğuk çıkış ucundan çıkan soğuk akım ısı değiştiricisine giderek soğutma görevini yerine getirir. Vorteks tüpün sıcak ucundan çıkan akım regülatörü ısıttıktan sonra ısı değiştiricisinden çıkan sıcaklığı artmış soğuk akımla birleşir. Birleşik akım istasyondan çıkan boru hattına bağlanır. Teorik olarak, basınç düşürme ünitesi olarak tasarım özelliğine sahip olduğundan vorteks tüpler basınç regülatörü olarak kullanılabilir. Ancak gaz dağıtım istasyonlarının hassas olarak belirlenmiş bir çıkış basıncı ile çalışmaları gerektiğinden vorteks tüpler basınç regülatörleri ile birlikte kullanılmalıdır. Böylece, güvenilir geniş-aralıklı ayarlama, herhangi bir gaz parametresi ile çalışma olanağı ve tasarımda güvenilirlik sağlanmış olur. Böylece vorteks tüp ayrıca regülatör ve ısıtıcı bulunan basınç düşürme istasyonlarında da doğal gazı ısıtmak için gerekli enerji tüketimini azaltmak ve soğutma işlevi sağlamak amacıyla da kullanılabilir.

Doğal gazın ön ısıtma işlemi istasyondaki mevcut basınç düşümü altında çalışan ve “vorteks pilot gaz ısıtıcıları” olarak adlandırılan cihazlar kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Bu cihazların orta kısmı bir vorteks tüptür. Sıcak gazın ısı enerjisi vorteks tüpün cidarlarına monte edilmiş bulunan ısı değiştiriciden geçen pilot gaza aktarılır. Üretilen ısı akısının bir kısmı donmasını önlemek amacıyla basınç düşürme giriş lülelerini ısıtmak için kullanılır. Vorteks pilot gaz ısıtıcılarının kullanımı için çeşitli tasarımlar yapılabilir. Şekil 4 ve 5’de iki örnek tasarım gösterilmiştir. Şekil 4 tek hatlı vorteks pilot gaz ısıtıcısı donanımının, Şekil 5 ise çift hatlı vorteks pilot gaz ısıtıcısı donanımının şematik resmini göstermektedir [6].



Şekil 4. Tek hatlı vorteks pilot gaz ısıtıcısı donanımının şematik resmi [6].



Şekil 5. Çift hatlı vorteks pilot gaz ısıtıcısı donanımının şematik resmi [6].

Diğer taraftan pilot gazı için katalitik ısıtıcılar yıllardan beri çeşitli işletme ve çevre koşullarında istasyonlarda kullanılmaktadır. Oklahoma Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmada katalitik ısıtıcılar yerine vorteks ısıtıcılar kullanılmasının mali analizi yapılmıştır. Çizelge 1 ve 2 katalitik ısıtıcılar ile vorteks ısıtıcıların sırasıyla maliyet karşılaştırması ile 10 yıllık net şimdiki değerlerinin karşılaştırmasını göstermektedir. Bu karşılaştırma yapılırken vorteks tüplerin 10 yıl garanti süresi, 30-40 yıl ekonomik ömrü olduğu, katalitik ısıtıcıların her 5 yılda bir değiştirilmesi gerektiği kabul edilmiştir. Çizelgeler vorteks ısıtıcıların ekonomik olarak oldukça tasarruflu olacağını ortaya koymaktadır. Bu tasarrufların yıllık aydınlatma giderleri, yakıt giderleri, bakım giderleri, katalitik ısıtıcıların rutin ve acil değiştirilmesi ve arızasının ortadan kalkması sonucunda elde edilen tasarruflardan kaynaklandığı ifade edilmektedir [7].

Kısaca ifade etmek gerekirse basınç düşürme ve ölçüm istasyonunda vorteks tüplerin basınç düşürme amacıyla kullanılması şu işlevleri sağlar [4-9]:

- Basınç düşürme işlevini yerine getirir ve/veya basınç regülatörlerinin yükünü azaltır yani bunların daha güvenilir ve kararlı çalışmasını sağlar.
- Gazı ısıtmak için gerekli istasyon enerji tüketimi ortadan kalkar/azalır.
- Çeşitli soğutma fonksiyonu yerine getirmek üzere soğutma yükü sağlar.

## 6. VORTEKS TÜPLERİN TÜRKİYEDE'Kİ BASINÇ DÜŞÜRME İSTASYONLARINDA KULLANIM OLANAKLARI

Gerek branşman hatlarının yapımı gerekse de şehir içi doğal gaz dağıtım şebekesinin tesisinin yanı sıra iletim hattından gelen yüksek basınçlı doğal gazın basıncını düşürerek sanayi kuruluşlarına ve konutlara verebilmek için A ve B tipi basınç düşürme istasyonlarına gereksinim duyulmaktadır. Doğal gaz iletim hatları üzerinde 200 civarında basınç düşürme ve ölçüm İstasyonu bulunmaktadır. Doğal gaz iletim hatları üzerinde bulunan basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarının bölgesi, tipleri ve sayıları Çizelge 3'de gösterilmiştir. Bu istasyonların işletme prensibi aynı olup, her bir istasyonun; basınç düşürme ve ölçüm hattı sayısı, ısıtıcılar ile filtrelerin sayısı ve farklı akış oranlarına göre dizayn edilen boru çapları farklılıklar göstermektedir. Her bir basınç düşürme ve ölçüm istasyonu gaz kontrol merkezi'nden izlenebilecek ve insansız çalışabilecek şekilde dizayn edilmiş olup uzaktan kontrol edilebilmekte, gaz kontrol merkezi'nden akış set değerleri gönderilebilmekte, aynı zamanda istasyon kontrol sisteminin kapanması durumunda istasyonda bulunan görevli personel tarafından manüel olarak çalıştırılabilmektedir.

İstasyonlarda yapılan basınçlandırma, vanaların açılması, tasfiye ve arındırma işlemleri tümüyle manüel olarak yapılmakta olup, otomatik olarak kapatma sistemleri güvenliği sağlamaktadır. İstasyonlar; enerji besleme sistemlerinin bozulması, yüksek orandaki su seviyesi, operatör ya da gaz kontrol merkezi'nin istasyonu kapatma yönündeki komutu ve çıkış basıncının yüksek olması durumlarında otomatik olarak kapanmaktadır. İstasyonlar kapandıktan sonra gaz kontrol merkezinden herhangi bir müdahale yapılamamakta olup, tüm operasyonların yerinde yapılması gerekmektedir [10].

**Tablo 1.** Katalitik ısıtıcılar ile vorteks ısıtıcıların maliyet karşılaştırması [7].

Maliyet	Vorteks Tüp	Katalitik Isıtıcı
İlk yatırım	1,650.00 \$	1,000.00 \$
Yakıt kullanımı	Yok	36.14 \$ Yıllık
Bakım	Yok	750.00 \$ Her 5 yılda bir
Seyahat & Zaman	75	564.69 \$ Yıllık

**Tablo 2.** Katalitik ısıtıcılar ile vorteks ısıtıcıların net şimdiki değerlerinin karşılaştırması [7].

	Doğu	Batı	Toplam
Katalitik Isıtıcılar	24	89	113
Vorteks Isıtıcılar	0	4	4
Ortalama Uzaklık	13	38	33
Ortalama Ziyaret	22	26	25
<i>Mevcut Durum</i>			
<i>10 yıl boyunca Net Şimdiki Değer</i>			
	Birim	Toplam	Toplam
Katalitik Maliyet	5,100.17 \$	113	576,319 \$
Vorteks Maliyeti	2,331.32 \$	4	9,325 \$
<i>Tümüyle Vorteks Tüp Kullanımı</i>			
<i>10 yıl boyunca Net Şimdiki Değer</i>			
	Birim	Toplam	Toplam
Katalitik Maliyet	5,100.17 \$	0	0 \$
Vorteks Maliyeti	2,331.32 \$	117	272,765 \$
Toplam Tasarruf	312,880 \$		

**Tablo 3.** Doğal gaz iletim hatları üzerinde bulunan RM/A istasyonları [10].

Bölge	Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu (RM/A)
Ankara	26
Bursa	21
Erzurum	06
İstanbul	38
İzmir	25
Kahramanmaraş	17
Kayseri	14
Kırklareli	31
Konya	12
Samsun	03
Toplam	193

Doğal gaz ana iletim hattından geçen 70 bar basınçtaki gazın basıncı A tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında yaklaşık 25 bara, B tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında ise 25 bardan 4 bara düşürülmektedir. Giriş ve 5. Bölümde de belirtildiği gibi dünyada çeşitli ülkelerde yüzlerce istasyonda vorteks pilot gaz ısıtıcıları kullanılmaktadır. Farklı ülkeler ve şehirlerdeki çok farklı iklimsel koşullar, gaz basıncı, sıcaklığı ve gaz kalitesi göz önüne alındığında bu cihazların Türkiye'de kullanılmasının önünde bir engel olmadığı ifade edilebilir. Ancak bu cihazları ülkemiz istasyonlarında kullanmanın ekonomik olup olmayacağı her bir istasyona ait verileri kullanarak analiz edilmelidir.



Erzurum bölgesinde Aşkale, Başköy, Posof, Hasankale, Erzurum-1 ve Erzurum-2 olmak üzere 6 adet RM/A istasyonu bulunmaktadır. Aşağıda Erzurum-1 RM/A istasyonuna ait bir ön değerlendirme yapılmıştır.

## 7. ERZURUM-1 RM/A BASINÇ DÜŞÜRME VE ÖLÇÜM İSTASYONU

Erzurum bölgesi doğal gaz dağıtım şebekesi, doğal gazı konutlara ve sanayi tesislerine sağlayan 25 bar basınçlı bir şebekedir. Bu şebekeden Temmuz 2006 itibarıyla 17.000 konut doğal gaz kullanmakta olup, şebeke toplam 140.000 abone kapasitesine sahiptir. Erzurum-1 RM/A basınç düşürme ve ölçüm istasyonu giriş vanası bölümü, filtrasyon bölümü, basınç düşürme ve ayarlama bölümü, ölçme bölümü ve çıkış vanası bölümünden oluşmaktadır. İstasyonun kapasitesi 10.000 m<sup>3</sup>/h ve giriş basıncı 30-70 bardır. Gazın giriş sıcaklığı mevsime göre değişmektedir. Gazın çıkış sıcaklığı ise 15°C'dir. Gaz istasyona manuel hat vanasından girmektedir. Sıcaklık ve basıncı ölçüldükten sonra filtre/separatöre girmektedir. Separatörde ayrılan kondensat yoğunlaşma tankına gitmektedir. Separatörden çıkan gaz ısıtıcılara girip gerekli sıcaklığa ısıtılmaktadır. Gaz daha sonra basınç düşürme ve ayarlama bölümüne girmektedir. Basınç düşürme ve ayarlama bölümünde sırasıyla manüel kontrol vanası, basınç indikatörü, ani kapama vanası, regülatör, basınç indikatörü, basınç indikatörü, basınç transmitteri, basınç emniyet valfi ve manüel kapama vanası bulunmaktadır. Basınç düşürme ve ayarlama hattının bir de yedek hattı bulunmaktadır. Gaz daha sonra gaz ölçüm bölümüne girmektedir. Ölçüm bölümü de bir asıl bir yedek olmak üzere iki hattır. Ölçüm bölümünde sırasıyla manüel hat vanası, akım şartlandırıcı, türbinmetre, manüel hat vanası ve çeşitli basınç ve sıcaklık ölçerler bulunmaktadır. Gaz, çıkış vanası bölümünden geçerek istasyondan çıkmaktadır. Bu bölümde kelebek vana, kokulandırma ünitesi ve manüel hat vanası bulunmaktadır. Erzurum-1 RM/A istasyonuna ait karakteristik özellikler Çizelge 4'de verilmiştir.

Örnek bir istasyonda istasyonun kapasitesi 50 MMcfd, giriş basıncı 750 psi, çıkış basıncı 150 psi ve soğuk akım kütleli debi oranı 0.5 alındığında vorteks tüpün sağlayacağı soğutma yükü 512.42 kW olarak bulunmaktadır [6]. Erzurum-1 RM/A için giriş basıncı 70 bar, çıkış basıncı 30 bar, giriş debisi 10.000 m<sup>3</sup>/h değerlerini göz önüne alalım. Soğuk akım kütleli debi oranı 0.5 ise vorteks tüpten elde edilebilecek soğutma gücü yaklaşık olarak 100 kW civarında bulunacaktır. Bu soğutma yükü istasyon ve civarında soğutma yükü gereken herhangi bir uygulamada kullanılabilir.

11.01.2007–26.07.2007 tarihleri arasında Erzurum RMS/A istasyonunda ısıtılarak şehre verilen doğal gaz miktarı 49 193 363 sm<sup>3</sup> (ortalama 70 bar'da)'dür. Bu doğal gazı ısıtmak için harcanan doğal gaz miktarı ise 700 612 m<sup>3</sup> (300 mbar sayaç çalışma basıncında)'dür [15]. Doğal gazı ısıtmak için vorteks tüplerin kullanılması durumunda bu kadar doğal gaz tasarruf edilecek ve satılabilecektir. Doğal gazı yakmak için ısıtıcı sisteminde brülörlerin ve pompaların kullandığı elektrik enerjisi de tasarruf edilecektir. Ayrıca bu doğal gazın yakılması sonucu atmosfere atılan baca gazı emisyonlarının oluşturduğu çevre kirliliği de önlenmiş olacaktır.

Bundan sonraki çalışmalarımızda vorteks tüplerin Erzurum ve diğer RM/A istasyonlarında kullanılabilecek olanaklarının ayrıntılı teknoekonomik analizi yapılacaktır.

**Tablo 4.** Erzurum RM/A basınç düşürme ve ölçüm istasyonu.

<b>Cihaz/Ekipman</b>	
Klas	ANSI 600
Kapasite ( $Q_{\text{mak.}} / Q_{\text{min.}}$ )	2500 m <sup>3</sup> /h / 80 m <sup>3</sup> /h
Maksimum basınç (bar)	100
Sıcaklık aralığı	-20 / 60 °C
Filtreler	5 Adet
Dizayn basıncı (bar)	75
Test basıncı (bar)	112.5
Dizayn sıcaklığı (°C)	50
Hacmi (L)	250
Kütle (kg)	640
Filtre Kartuş Sayısı	2
Isıtıcılar	2 Adet
Kazan anma ısı gücü	1500000 kcal/h
İşletme basıncı (Atü)	3
Suyun çıkış sıcaklığı (°C)	40
Pompa	2 Adet
Basınç Düşürme ve Kontrol Ünitesi	2+1 Adet
Kapasite	140000 Abone kapasiteli
Hat basıncı (bar)	70
Atmosfer basıncı, $p_a$ (bar)	1
Tahliye Vanası	
Set değeri	25 (bar)
Maksimum basınç ve sıcaklık (bar / °C)	46 / 50
Minimum basınç ve sıcaklık (bar / °C)	50 / -10
Ölçüm Sistemi	2+1 Adet

## SONUÇ

Bu bildiri vorteks tüplerin Türkiye'deki doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında kullanılma olanaklarını araştırmak amacıyla hazırlanmıştır. Doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları tanıtılmış, doğal gaz sıcaklığı ve bu sıcaklığa etkileyen parametreler ve etkileri incelenmiştir. Vorteks tüplerin basınç düşürme istasyonlarında nasıl ve hangi amaçlarla kullanılabilceği anlatılmıştır. Ayrıca Erzurum-1 RM/A istasyonunda vorteks tüplerin kullanılabilme olanağı ile ilgili ön değerlendirme yapılmıştır. Bildiriden çıkan temel sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- Vorteks tüpler doğal gaz dağıtım ve basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında basınç düşürücü, gaz temizleyici ve ısıtıcı olarak kullanılabilir.
- Vorteks tüpler basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında enerji israfını ve hava kirliliğini önleme ve aynı zamanda serbest bir soğutma görevi yapma potansiyeline sahiptir.
- Türkiye'de doğal gaz iletim hatları üzerinde 200'ün üzerinde Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlarda vorteks tüplerin kullanılması ile şu avantajlar elde edilebilir:
  - Basınç regülatörlerinin yükü azalır yani bunların daha güvenilir ve kararlı çalışması sağlanır.
  - Doğal gazın ısıtılması için ısıtıcılar kullanılması gerekmez veya ısıtıcıların yükü azalır. Böylece yakıttan tasarruf elde edilir ve yanma ürünlerinin çevreye atılması önlenir.
  - Vorteks tüpten çıkan soğuk akım kullanılarak çeşitli soğutma fonksiyonları gerçekleştirilebilir.
- Mevcut istasyonların vorteks tüplü hale dönüştürülmesi ve/veya yeni kurulacak istasyonların vorteks tüplü istasyonlar olarak kurulması amacıyla her bir istasyon için ayrıntılı tekoekonomik analiz yapılmalıdır.
- Erzurum-1 RMS/A için yapılan ön değerlendirmeler vorteks tüplerin bu istasyonlarda kullanılmasının yukarıda belirtilen avantajları oluşturabileceğini göstermektedir.

Teşekkür: Bu makale TÜBİTAK tarafından desteklenen 105M028 nolu “Vorteks Tüplerin Soğutma Tekniğinde Kullanılması” isimli ve Atatürk Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen 2005/20 nolu “Vorteks Tüplerin Soğutma Tekniğinde Kullanılması” isimli projeler kapsamında hazırlanmıştır. Yazarlar, destekleri nedeniyle TÜBİTAK ve Atatürk Üniversitesi Araştırma Fon’una teşekkür ederler

## KAYNAKLAR

- [1] White Paper on Liquid Hydrocarbon Drop Out in Natural Gas Infrastructure. NGC+ Liquid Hydrocarbon Drop Out Task Group December 17, 2004.
- [2] YILMAZ, N. F., DEMİR, Y., “Doğal Gaz Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 93, 20-28, 2006.
- [3] ÖZTÜRK, S., “Doğal Gaz ve Uygulamaları”, Ankara, 1991.
- [4] SHAIKHUTDINOV, R. M., “Improving the efficiency of a gas distributing station by introducing vortex tubes”, Chemical and Petroleum Engineering, 35, 9-10, 1999.
- [5] MISCHNER J., BRAUNE, V., DORAU, P., “Design and operating performance of a GPRS with vortex pipes”, Gas-Wasserfach, Gas- Erdgas, 145(4) 221-230, 2004.
- [6] UNIVERSAL VORTEX INC., “Vortex pilot gas heater as compared to a catalytic heater”, <http://www.universal-vortex.com>, February 2007.
- [7] FISHER, L., “Pilot heater study by Oklahoma Natural Gas”, <http://www.universal-vortex.com>, 2001.
- [8] GUSEV, A. P., ISKHAKOV, R. M., ZHIDKOV, M. A., KOMAROVA, G. A., “A system for preparing oil-associated gas for transportation by the use of a controlled three-flow vortex tube”, Chemical and Petroleum Engineering, 36 (7-8), 414-417, 2000.
- [9] YILMAZ, M., BAKIRCI, K., KARAGÖZ, Ş., ÇOMAKLI, Ö., “Vorteks Tüplerin Doğal Gaz Dağıtım ve Basınç Düşürme İstasyonlarında Kullanımı”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sunuldu, 2007.
- [10] BOTAŞ, Boru Hatları İle Taşıma A.Ş., [www.botas.gov.tr](http://www.botas.gov.tr), 2007.
- [11] “DOĞAL GAZ TEKNİK KURALLARI” DVGW (Alman Gaz ve Su Teknik Adamları Birliği) Teknik Kuralları, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi. 1991.
- [12] TS 5826 /NİSAN 1988, Reglaj Kuralları-Doğal Gaz Bölge Regülatörleri İçin.
- [13] BURSA GAZ, “Endüstriyel ve büyük tüketimli tesislerde doğalgaza dönüşüm teknik şartnamesi”, Revizyon No: 01. Revizyon Tarihi : 08.01.2007.
- [14] İGDAŞ Faaliyet Raporu 2005.
- [15] PALEN DOĞAL GAZ, [www.palen.com.tr](http://www.palen.com.tr), 2007.
- [16] GAO, C. M., “Experimental study on the Ranque-Hilsch vortex tube”, PhD Thesis, Eindhoven University of Technology, the Netherlands, 2005.
- [17] YILMAZ, M., ÇOMAKLI, Ö., KAYA, M., KARSLI, S., “Vorteks Tüpleri: 1 Teknolojik Gelişim”, Mühendis ve Makina, 47(553), 46-54, 2006.
- [18] YILMAZ, M., ÇOMAKLI, Ö., KAYA, M., KARSLI, S., “Vorteks Tüpleri: 2 Enerji Ayrışma Mekanizması ve Performans Karakteristikleri”, Mühendis ve Makina, 47(554), 42-51, 2006.
- [19] WILLIAMS, A., “The cooling of methane with vortex tubes”, J Mech Engr Science 1971;13(6):369-75.



## ÖZGEÇMİŞ

### Mehmet YILMAZ

1986 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1992 yılında Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Termodinamik Bilim Dalında yüksek lisansını, 1996 yılında doktorasını tamamladı. 2004 yılında Doçent oldu. Halen Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmakta ve Bölüm Başkan Yardımcılığı görevini yürütmektedir.

### Adem ÇELİK

1997 yılında Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1999 yılında Türkiye Halkbankası A.Ş. Doğu Anadolu Bölge Müdürlüğü'nde göreve başladı. 2002 yılında Erzurum DSİ 8.Bölge Müdürlüğü Makine İmalat ve Donatım Şube Müdürlüğü'nde göreve başladı. 2003 yılında Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Termodinamik Bilim Dalında yüksek lisansa başladı.

### Mehmet KAYA

1993 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2001 yılında Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Termodinamik Bilim Dalında yüksek lisansını, 2005 yılında doktorasını tamamladı.

### Kadir BAKIRCI

1994 yılında Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında, 1997 yılında yüksek lisansını ve 2004 yılında doktorasını tamamladı. 2007 yılında Yardımcı Doçent oldu. Halen Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.