

AĞIR VASITA HAVA KURUTUCU TEST CİHAZI PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE PERFORMANSA ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Fatih Mehmet Mesut Elmas^{a*}, Ahmet Can^b

^aYıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları Sanayi A.Ş. ARGE Merkezi, Türkiye

^bNecmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, Türkiye

* Sorumlu Yazar: fmme.42@hotmail.com

(Geliş/Received: 10.06.2021; Düzeltme/Revised: 20.10.2021; Kabul/Accepted: 26.11.2021)

ÖZET

Ağır vasıtalarda debriyaj, süspansiyon, fren gibi bileşenlerin çalışması için basınçlı temiz hava gerekmektedir. Basınçlı hava; ağır vasıta hava kompresörleri tarafından üretilmektedir. Ancak kompresörün ürettiği basınçlı hava içerisinde sistemin çalışmasına bağlı olarak bir miktar yağ ve nem bulunmaktadır. Nem ve yağ; hava sisteminin donması, sızdırmazlık elemanlarının zarar görmesi, valf arızası ve boru tıkanıklıkları gibi arızalara yol açmaktadır. Hava kompresörünün basınçlandığı havadaki nem ve yağ, hata kurutucu tarafından temizlenerek tanka gitmeleri engellenmektedir. Hava kurutma işlemi; bütün basınçlı hava sistemini donmaya, içten korozyona karşı korumak ve bu şekilde sistemin işletim güvenliğini sürekli olarak sağlamak ve kullanım ömrünü uzatmak için gereklidir. Hava kurutucuların testlerinin yapılarak güvenli bir şekilde araca entegre edilmesi emniyet açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada bir ağır vasıta hava kurutucusu tasarımı ve üretimi gerçekleştirilerek, bu ürünün doğrulama testleri yapılmıştır. Tasarım ve üretim doğrulama için araç üzerindeki çalışma şartlarını simüle edebilen bir test cihazı tasarlanarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Hava kurutucu mekanik olarak çalışan bir sisteme sahiptir ve içerisinde yaylar vasıtasıyla sistemin çalışması kontrol edilir. Yaylar, hava kurutucunun performansını doğrudan belirleyen bileşenler oldukları için; karakteristiklerini ve davranışlarını bilmek, hava kurutucunun performansının ölçülmesine destek olmaktadır. Ayrıca bu çalışmada, kullanılan yayların karakteristik özellikleri de analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınçlı Hava. Hava Kurutucu. Kompresör. Sonlu Elemanlar Analizi. Test Cihazı.

DETERMINATION OF HEAVY VEHICLE AIR DRYER TEST BENCH PARAMETERS AND EVALUATION OF THEIR EFFECTS ON PERFORMANCE

ABSTRACT

Compressed clean air is required for the operation of components such as clutch, suspension and brake in heavy vehicles. Compressed air is produced by heavy vehicle air compressors. However, depending on the operation of the system, there is some oil and moisture in the compressed air produced by the compressor. "Moisture and oil" cause malfunctions such as freezing of the air system, damage to seals, valve failure and pipe blockages. This moisture and oil are cleaned by the defective dryer and prevented from entering the tank. Air drying process; the entire compressed air system must be protected against freezing, internal corrosion, and in this way, the operating safety of the system must be maintained continuously and its service life must be extended. Testing and safely integrating air dryers in the vehicle is important for safety. In this study, a heavy vehicle air dryer was designed and produced, and verification tests of this product were carried out. For design and manufacturing verification, a test bench that can simulate working conditions on the vehicle has been designed and manufactured. The air dryer has a mechanically operating system and the operation of the system is controlled by the springs inside. Since the springs are the components that directly determine the performance of the air dryer; knowing

its characteristics and behavior helps to measure the performance of the air dryer. In addition, the characteristic features of the springs used in this study were also analyzed.

Keywords: Compressed Air. Air Dryer. Compressor. Finite Element Analysis. Test Bench

1. GİRİŞ

Ağır vasıtalarda hava ile çalışan sistemler kullanılmaktadır. Çevreci ve temiz bir enerji kaynağı olan basınçlı hava sistemi motorun ürettiği gücün yaklaşık %2 lik kısmını kullanmaktadır [1]. İhtiyaç duyulan hava araç motorundan doğrudan tahrik alan hava kompresörleri ile sağlanır. Basınç seviyesi ise ihtiyaç duyulan hava miktarına göre değişiklik göstermek ile birlikte 10-12 bar seviyelerindedir [2]. Kompresörün ürettiği havada kullanıma ve sistemin çalışmasına bağlı olarak nem ve yağ bulunmaktadır. Nem ve yağ, basınçlı hava sistemlerine bağlı fren sisteminin çalışmasını olumsuz yönde etkileyebilecek iki önemli problemdir [3]. Basınçlı hava sistemlerinde, hava kompresörünün basınçlandığı havanın tanka iletilmeden önce kurutucudan geçmesi gerekmektedir. Hava kurutucular, genellikle havanın temizlendiği bir kurutma sağlar [4]. Şekil 1’de ağır vasıta hava kurutucusunun görseli verilmiştir.



Şekil 1. Ağır vasıta hava kurutucu[Yazarın kendi arşivinden]

Hava kurutma işlemi, bütün basınçlı hava sistemini donmaya, içten korozyona karşı korumak buna bağlı olarak sistemin işletim güvenliğini sürekli olarak sağlamak ve kullanım ömrünü uzatmak için gereklidir. Ayrıca fren sisteminin ve diğer bileşenlerin kullanım ömrünü uzatmak için damlacık şeklinde ve gaz halindeki yağın basınçlı havadan ayrılması gerekmektedir. Bu sayede çeşitli sızdırmazlık elemanları ve valfler korunur, sistemin kullanım ömrünün uzaması sağlanmaktadır.

Hava kurutucudaki basınç ayar valfi yardımıyla, kompresörden gelen hava, hava kurutucuda temizlenip tank basıncı belli bir seviyeye ulaşıncaya kadar tanka depolanmaktadır. Araçta fren, süspansiyon, debriyaj vb. sistemlerin kullanımına bağlı olarak tanktaki hava basıncı azalır. Tanktaki hava basıncı yine belli bir seviyeye kadar azaldığında kompresörden gelen basınçlı hava, tekrar hava kurutucu tarafından temizlenip tanklara depo edilmektedir. Sistemin çalışması hava kurutucunun içindeki yaylar vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Hava kurutucunun çalışma performansını doğrudan etkileyen bu yayların davranışları performansın değişimine sebep olmaktadır.

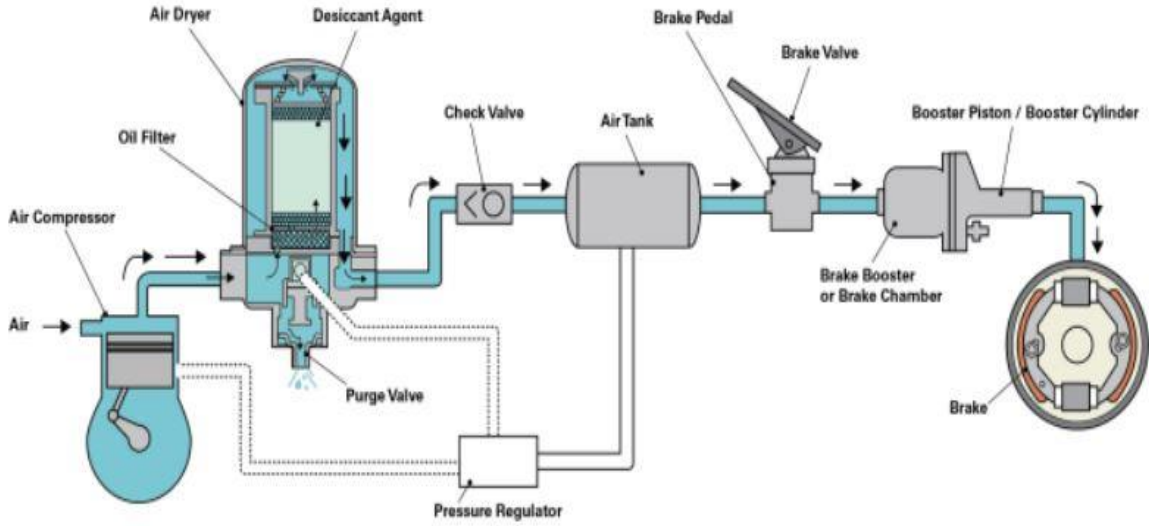
Bu çalışmada, üretilen ağır vasıta hava kurutucusunun test şartlarını değerlendirilerek bir test cihazı oluşturulması ve test cihazında testlerin, OEM firmaların hava kurutucularının test değerleri ile karşılaştırılabilir olarak doğrulanması sağlanmıştır. Oluşturulan test ortamında OEM hava kurutucunun testi yapılarak sonuçları değerlendirilmiş, ardından yerli üretim hava kurutucunun testleri yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. OEM hava kurutucunun test değerleri ile yerli üretim hava kurutucunun test değerlerinin tutarlılık seviyeleri incelenmiş ve çalışmanın sonuç kısmında değerlendirilmiştir. Bu makalede yapılan çalışma ile birlikte firma bünyesine doğruluğu deneylerle kanıtlanmış bir test cihazı

kazandırılmış olup, hem de yapılan testler ile yerli ve milli nitelikli yüksek kalite hava kurutucular üretilmesi yolunda önemli bir adım atılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Hava Kurutucu Yapısı ve Çalışma Prensibi

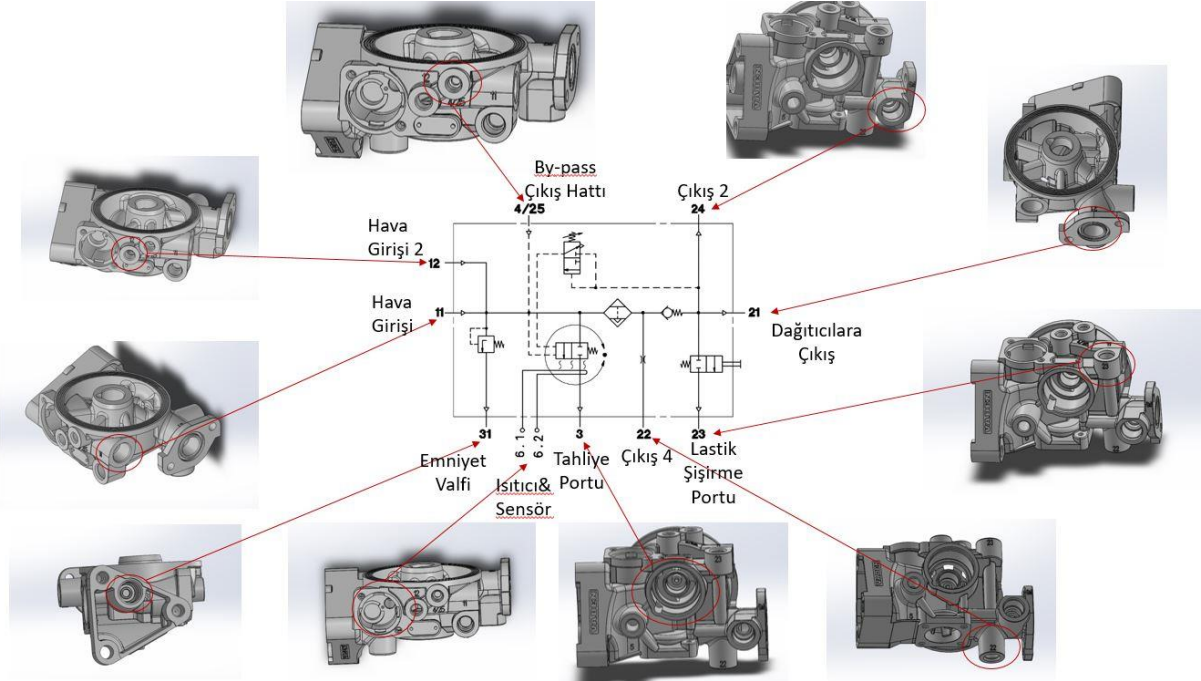
Basınçlı hava işleme sistemleri ve hava kurutucu filtreleri; kamyon, traktör gibi ağır vasıtalarda kullanılır. Bunlar genellikle, Şekil 2’de görüldüğü gibi fren sistemleri veya basınçlı hava ile beslenmesi gereken hava süspansiyonları gibi yerlerde kullanılırlar. Sıkıştırılmış hava tipik olarak bir kompresör tarafından sağlanır. Basınçlı hava tüketicilerinin sorunsuz çalışmasını sağlamak için, kompresör tarafından sağlanan basınçlı hava genellikle daha fazla işlenmelidir. Bu amaç için sağlanan basınçlı hava işleme sisteminde; basınçlı hava, daha önce emme havasında bulunan kir parçacıklarının yanı sıra, sıkıştırma işlemi sırasında kompresör tarafından basınçlı havanın içine giren yağ ve kurum parçacıklarını temizler ve nem basınçlı havada biriktirilir. Bu amaçla, ticari taşıtların basınçlı hava işleme sistemleri genellikle basınçlı havayı nemden arındıran, aynı zamanda yağ ve kir parçacıklarını emebilen hava kurutucu filtrelerine sahiptir [5].



Şekil 2. Ağır vasıta hava kurutucu ve fren sistemi[6]

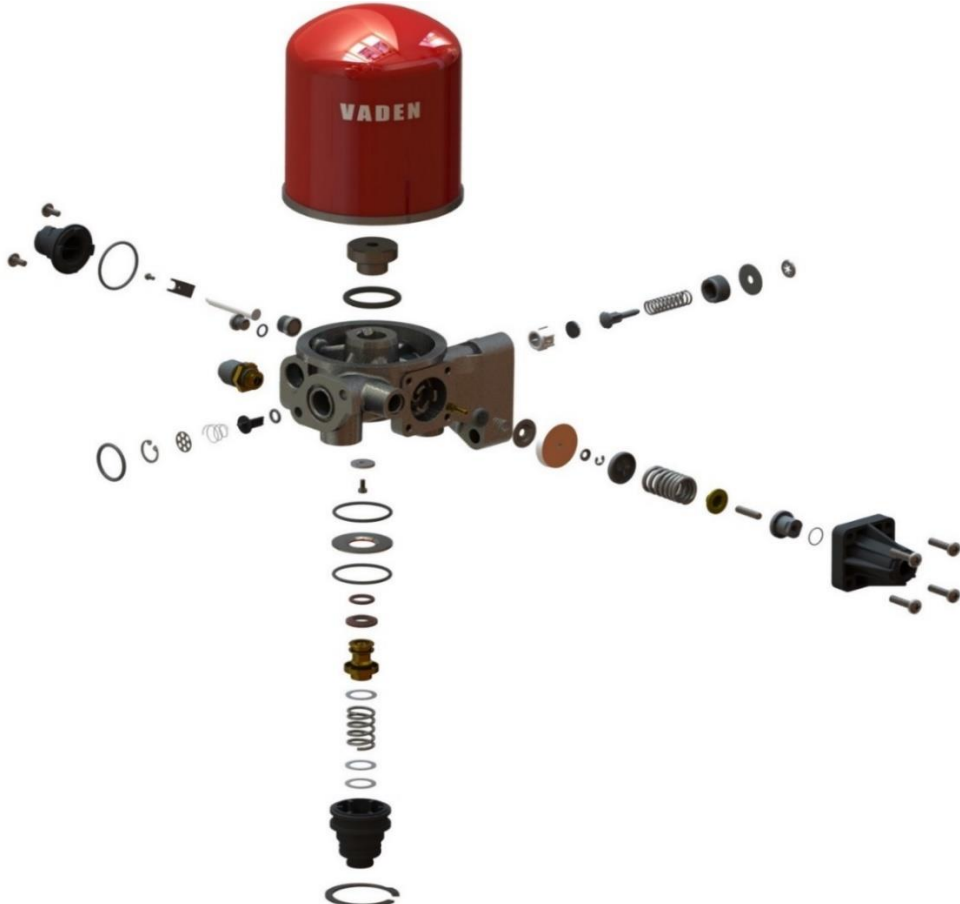
Hava kurutucunun devre şeması Şekil 3’de gösterilmiştir. Sisteme göre, kompresörden gelen basınçlı hava 11 ya da 12 numaralı porttan giriş yapmaktadır. 31 numaralı port emniyet valfidir, sistemde herhangi bir arıza veya tıkanıklık olursa hava buradan atmosfere tahliye edilmektedir. 21 numaralı port; dağıtıcıya, tanklara temiz ve kurutulmuş hava gönderen porttur. 22 numaralı porttan da temiz ve kurutulmuş hava, kısalmış olarak çıkış yapabilir. 23 numaralı port, çıkış portlarından lastik şişirme portudur. 24 numaralı porttan da temiz ve kurutulmuş hava çıkış yapabilir. Devre şemasında 6.1 ve 6.2 numara ile gösterilen ısıtıcı ve sensördür. 2° C’ nin altındaki sıcaklığı algılayan sensör, sistemin donmasının engellemek için ısıtıcıya komut gönderir ve böylece ortam sıcaklığı yükselmektedir.

4/25 nolu port, by-pass hattıdır. Gelen hava kurutucudan geçtikten sonra set basıncı olan 12 ($\pm 0,4$ bar) bar seviyesine (bu basınç valfteki setskurdan ayarlanabilir) ulaştığı anda valf yayını yenerek valfin yön değiştirmesini sağlamaktadır. 3 nolu porta bağlı valfe gelen 12 bar’lık basınçlı hava, valfi tetiklemektedir. Valf tetiklenmesi sonrası ise kompresörden gelen hava, kurutucuya girmek yerine yön valfi vasıtasıyla, atmosfere açılan 3 nolu portu tercih etmektedir. Bu geçiş ile birlikte alışılan tahliye sesi ile birlikte tahliye işlemi gerçekleşmiş olmaktadır. Tahliye sonrası ise basınç, optimum kapama basıncı olan 10 bar’a ($\pm 0,4$ bar) düşmektedir. Bu komut valf yayının olduğu ve 3 nolu portun bulunduğu yere ulaştığında yay tekrar eski konumuna gelerek 3 ve 4/25 numaralı portlara giden hava akışı kesilir. Basınçlı hava 21 numaralı çıkış hattına tekrar gelerek, tank doldurulmaya başlanır. Böylece 1 çevrim gerçekleşmiş olur.



Şekil 3. Hava kurutucu devre şeması

Şekil 4’de ise hava kurutucunun patlatılmış görünümü görülmektedir.



Şekil 4. Hava kurutucu patlatılmış görünüm

2.2. Test Cihazı

Araçtaki fonksiyonu önemli olan bir ürünün, arızalı bir şekilde gönderilmesi söz konusu olamayacağından hava kurutucuların testleri yapılmak zorundadır. Hava kurutucunun araçtaki çalışma prensibi, Şekil 5’de tasarlanan test cihazında aynı şekilde simule edilmiştir. Test başlangıcından önce OEM hava kurutucu ile test cihazının kalibrasyonu yapılarak sistemin doğruluğu test edilmektedir.

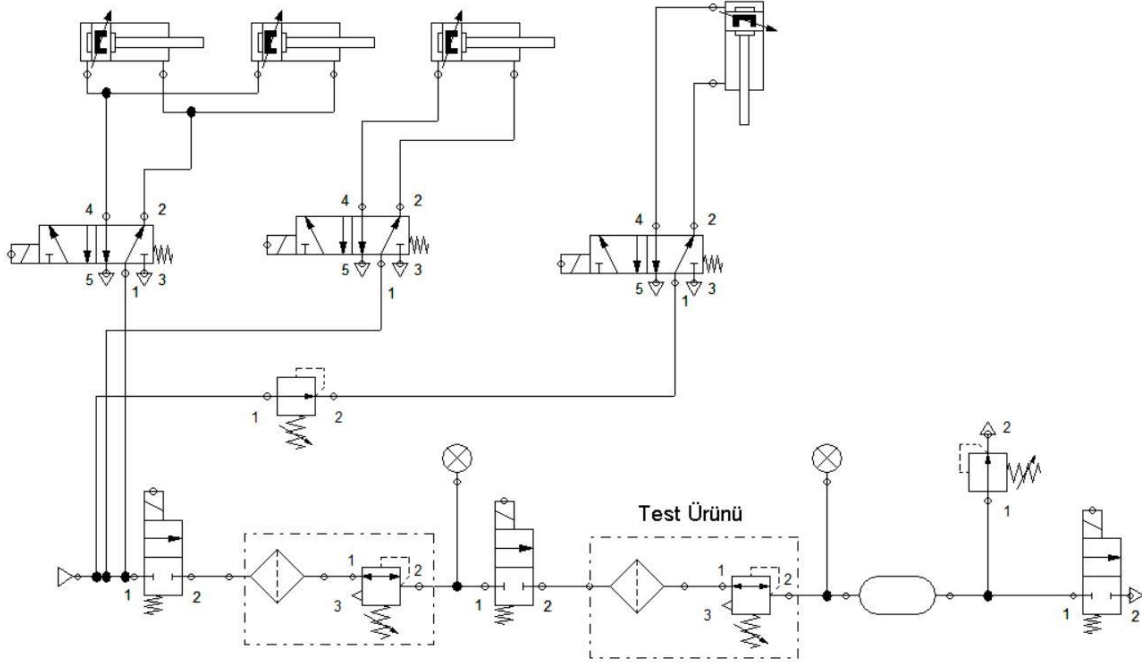
Test aşamasında filtreyi gövdeye söküp takmak zor olacağından filtrenin yerine, test cihazına sabitlenmiş bir hazne kullanılmıştır. Hava kurutucu ile hazneyi birbirine geçici olarak sabitleme işlemi ve havanın kurutucuya giriş ve çıkışını sağlama işlemi, Şekil 6’da görüldüğü gibi pnömatik silindirler kullanılarak yapılmıştır. Pnömatik silindire yapılan o-ringli aparatla hem sızdırmazlık sağlanmış hem de pnömatik rakor kullanılarak güvenli bir bağlantı kurulmuştur. Kurutucunun giriş tarafındaki pnömatik silindirin ucundaki aparata, kompresörden gelen hava verilmiştir. Çıkış tarafındaki pnömatik silindirin ucundaki aparata ise kurutulan temiz havanın depolandığı tankın bağlantısı yapılmıştır. Kurutucunun çıkış portlarından olan 22 ve 24 numaralı portlar test sırasında kullanılmayacağı için körlenmiştir.



Şekil 5. Hava kurutucu test cihazı [Yazarın kendi arşivinden]

Hava kurutucu test cihazı algoritması şu şekildedir;

- ✓ Ürünün test cihazına yerleştirildikten sonra, kontrol panelinden test başlatılır ve ürünü sabitleyen pnömatik silindirler aktifleştirilir.
- ✓ Pnömatik silindirler ürünü sabitledikten sonra, ürünün giriş-çıkış portlarına hava akışı sağlayan pnömatik silindirler otomatik olarak aktifleştirilirken aynı anda elektrikli kompresöre gönderilen sinyal ile kompresör aktifleştirilmektedir.
- ✓ Manuel olarak üründe kapama basıncı ayarlanır. Kontrol panelinden kapama basıncı değeri yazılır.
- ✓ Oluşturulan algoritmada, referans değeri olan kapama basıncına göre kesme basıncı belirlenir.
- ✓ Bu bilgiler ışığında sistem algoritması otomatik olarak verileri ölçmektedir.
- ✓ Veriler ölçüldükten sonra ise belirlenen referans değerlere göre red-onay algoritması aktif olmaktadır.
- ✓ Test cihazı ürünü onayladıktan sonra hava kurutucu artık araçta kullanıma hazırdır.



Şekil 6. Hava kurutucu test cihazı devre şeması

2.3. Hava Kurutucudaki Yaylar

Hava kurutucuda; basınç ayar valfinde 2 adet ve tahliye portunda 1 adet yay kullanılmaktadır. Hava kurutucunun kesme basıncı, basınç ayar valfi yayının boyu valf üzerindeki setskur ile sıkılarak ayarlanmaktadır. Basınç ayar valfi 2; kesme basıncından kapama basıncına düşerken 2 bar'lık diferansiyeli ayarlayan yaydır. Tahliye yayı ise; hava kurutucunun tahliye geçmesini sağlayan yaydır. Hava kurutucuda kullanılan yaylar ve özellikleri aşağıdaki Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hava kurutucuda kullanılan yaylar



	Basınç Ayar Valfi Yayı	Basınç Ayar Valfi Yayı 2	Tahliye Yayı
Çap	Ø22,6 mm	Ø9,6 mm	Ø23,6 mm
Tel Çapı	Ø4,5 mm	Ø0,8 mm	Ø2,8 mm
Boy	43,5 mm	11,9 mm	28,8 mm
Malzeme	AISI 302	AISI 302	AISI 302

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Hava kurutucuda, önemi bu kadar büyük olan yaylar için tedarikçi firmadan kalite kontrol test raporları istenmiştir. Ayrıca sonlu elemanlar yöntemi ile yayların analizi yapılmıştır. Bu analizler ile tedarikçi firmadan alınan kalite kontrol test raporları kıyaslanmıştır. Yayların, yay sabitleri hesaplanıp; karakteristikleri hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir.

3.1. Yapılan Yay Analizlerinin Ve Test Raporlarının Karşılaştırılması

Hava kurutucuda kullanılan yayların kalite kontrol test raporları Şekil 7'de gösterilmiştir.

KALİTE KONTROL TEST RAPORU (QUALITY CONTROL TEST REPORT)		
Ürün Adı / Part Name		
Ürün Kodu / Part Code		
Müşteri / Customer		
Müşteri Kodu / Customer Code		
Rapor Tarihi / Report Date		
Sipariş Numarası / Order Number		
Malzeme / Material		
Parti Adedi / Part Total		
İrsaliye Numarası / Waybill Number		
	Ölçüler Values	Tolerans/ Min.
Tel Çapı (d) Wire Diameter	2,80	
Dış Çap 1 (Da) Outside Diameter	23,60	
Dış Çap 2 (Da) Outside Diameter		
Tam Boy (Lo) Lenght	28,83	
Yük (L1) Force	25 mm	74,00 N
Yük (L2) Force	23 mm	119,0 N
Yük (L3) Force	20 mm	184,5 N
Yük(L4) Force	18 mm	226,0 N
Lson	28,40	
Sarım Sayısı/Coil Total	4,5	
Sarım Yönü/ Coil Direction	Sağ	

(a)

KALİTE KONTROL TEST RAPORU (QUALITY CONTROL TEST REPORT)		
Ürün Adı / Part Name		
Ürün Kodu / Part Code		
Müşteri / Customer		
Müşteri Kodu / Customer Code		
Rapor Tarihi / Report Date		
Sipariş Numarası / Order Number		
Malzeme / Material		
Parti Adedi / Part Total		
İrsaliye Numarası / Waybill Number		
	Ölçüler Values	Tolerans/ Min.
Tel Çapı (d) Wire Diameter	0,80	
Dış Çap 1 (Da) Outside Diameter	9,60	
Dış Çap 2 (Da) Outside Diameter		
Tam Boy (Lo) Lenght	11,93	
Yük (L1) Force	10 mm	3,60 N
Yük (L2) Force	9 mm	5,46 N
Yük (L3) Force	8 mm	7,28 N
Yük(L4) Force	7 mm	9,28 N
Lson	11,93	
Sarım Sayısı/Coil Total	4,5	
Sarım Yönü/ Coil Direction	Sağ	

(b)

KALİTE KONTROL TEST RAPORU (QUALITY CONTROL TEST REPORT)		
Ürün Adı / Part Name		
Ürün Kodu / Part Code		
Müşteri / Customer		
Müşteri Kodu / Customer Code		
Rapor Tarihi / Report Date		
Sipariş Numarası / Order Number		
Malzeme / Material		
Parti Adedi / Part Total		
İrsaliye Numarası / Waybill Number		
	Ölçüler Values	Tolerans/ Min.
Tel Çapı (d) Wire Diameter	4,50	
Dış Çap 1 (Da) Outside Diameter	22,60	
Dış Çap 2 (Da) Outside Diameter		
Tam Boy (Lo) Lenght	43,47	
Yük (L1) Force	40 mm	352,5 N
Yük (L2) Force	38 mm	570,5 N
Yük (L3) Force	35 mm	880,5 N
Yük(L4) Force	mm	
Lson	43,15	
Sarım Sayısı/Coil Total	7,3	
Sarım Yönü/ Coil Direction	Sağ	

(c)

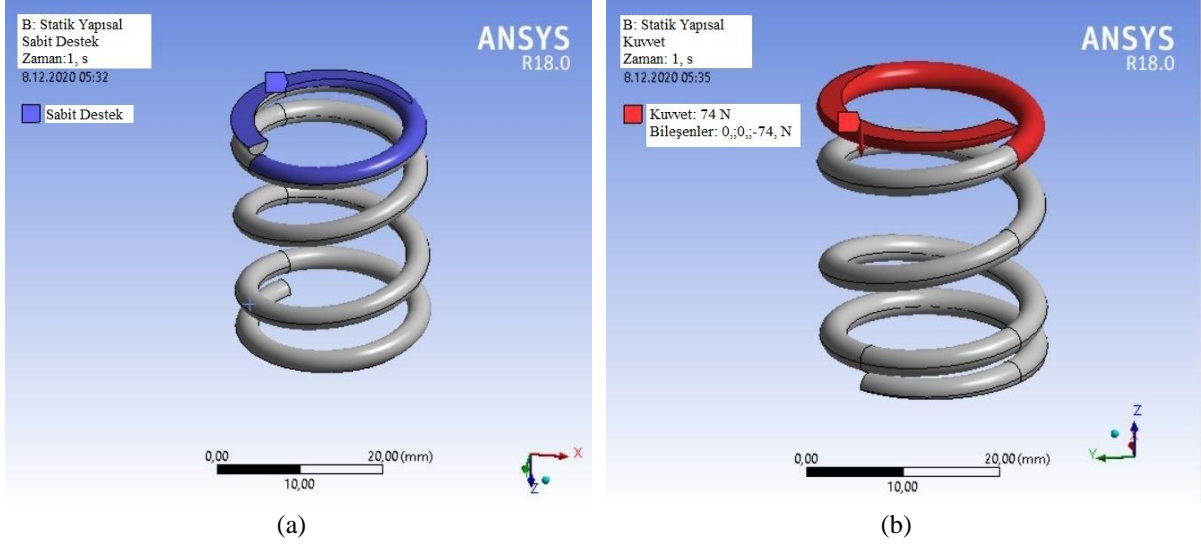
Şekil 7. (a) Tahliye yayı kalite kontrol test raporu, (b) Basınç ayar valfi yayı 2 kalite kontrol test raporu, (c) Basınç ayar valfi yayı kalite kontrol test raporu

Yaylar, sonlu elemanlar yöntemi ile Ansys programında analiz edilmiştir. Kalite kontrol test raporlarında verilen kuvvetler, programda da verilmiştir. Analiz adımları ve sonuçları Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12’de gösterilmiştir.

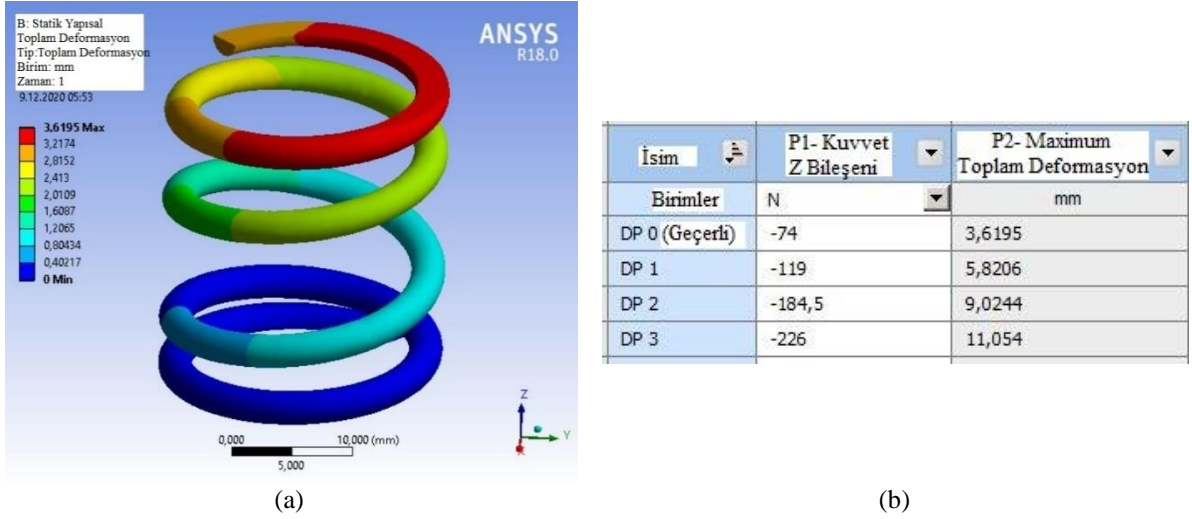
AISI 302 malzemesinin mekanik özellikleri Şekil 8’deki gibi girilerek programa tanımlanmıştır.

	A	B	C	D	E
1	Özellik	Değer	Birim		
2	Malzeme Alan Değişkenleri	Tablo			
3	Yoğunluk	7920	kg m ⁻³		
4	İzotropik Elastisite				
5	Sağlanan	Young Modülü ve Poisson Oranı			
6	Young Modülü	1,93E+11	Pa		
7	Poisson Oranı	0,3			
8	Hacim Modülü	1,6083E+11	Pa		
9	Kayma Modülü	7,4231E+10	Pa		
10	Gerilme Akma Mukavemeti	2,75E+08	Pa		

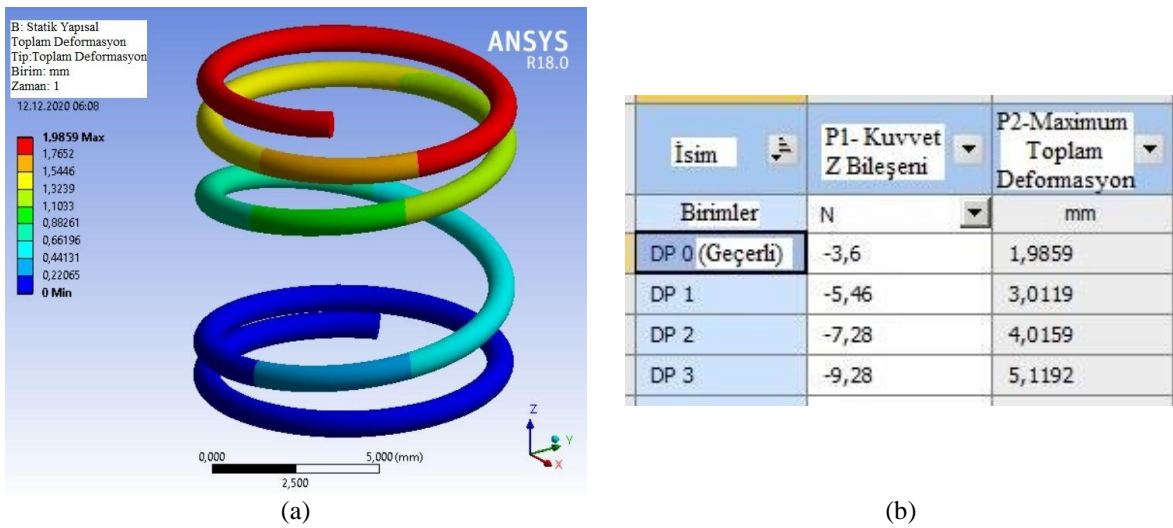
Şekil 8. AISI 302 malzemesinin programa tanımlanması



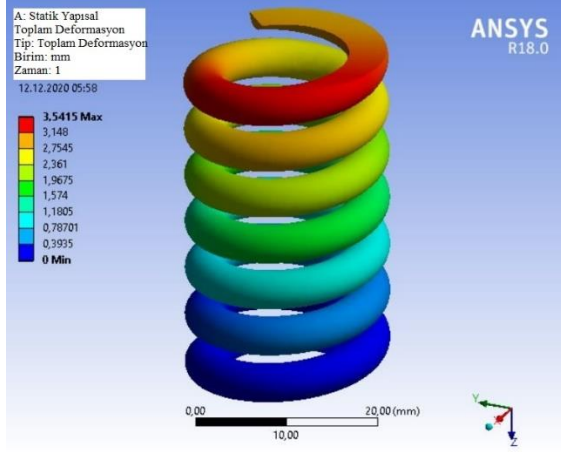
Şekil 9. (a) Analizlerde yaylara sabit destek sınır koşulu tanımlanması, (b) Analizlerde yaylara kuvvet verilmesi



Şekil 10. (a) Tahliye yayı toplam yer değiştirme, (b) Tahliye yayının kuvvetlere yoplam yer değiştirme değerleri



Şekil 11. (a) Basınç ayar valfi yayı 2 toplam yer değiştirme, (b) Basınç ayar valfi yayı 2'nin kuvvetlere göre toplam yer değiştirme değerleri



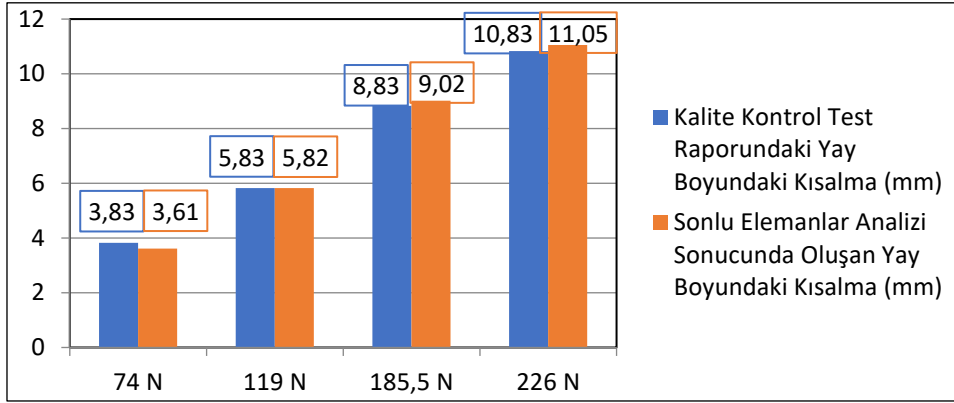
(a)

İsim	P1- Kuvvet Z Bileşeni	P3- Maximum Toplam Deformasyon
Birimler	N	mm
DP 0 (Geçerli)	352,5	3,5415
DP 1	570,5	5,7318
DP 2	880,5	8,8463

(b)

Şekil 12. (a) Basınç ayar valfi yayı toplam yer değiştirme, (b) Basınç ayar valfi yayının kuvvetlere göre toplam yer değiştirme değerleri

Yaylara verilen kuvvetler sonucunda yaylarda meydana gelen kısılma miktarları; tedarikçi firmadan alınan kalite kontrol test raporlarında ve yapılan sonlu elemanlar analizlerinde Şekil 13, Şekil 14 ve Şekil 15’de görüldüğü gibi birbirlerine çok yakın çıkmıştır. Aynı koşullarda üretilen yaylar arasında bile farklar olduğu düşünüldüğünde, analizlerde ve test raporlarında çıkan farklar kabul edilebilir düzeydedir. Bu da test raporlarının ve yapılan analizlerin doğruluğunu ispatlamaktadır.

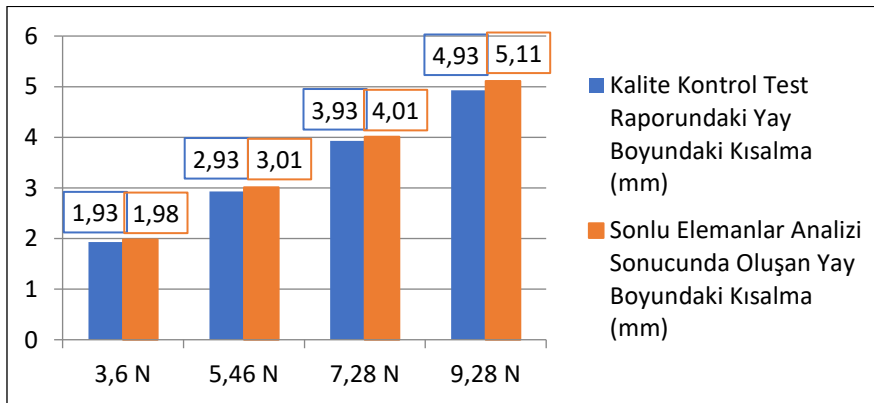


(a)

KUVVET (N)	HATA ORANI (%)
74 N	% 6,09
119 N	% 0,17
185,5 N	% 2,15
226 N	% 2,03

(b)

Şekil 13. (a) Hava kurutucuda kullanılan tahliye yayı boyundaki kısılmanın test raporunda ve analizde karşılaştırılması, (b) Hata oranı

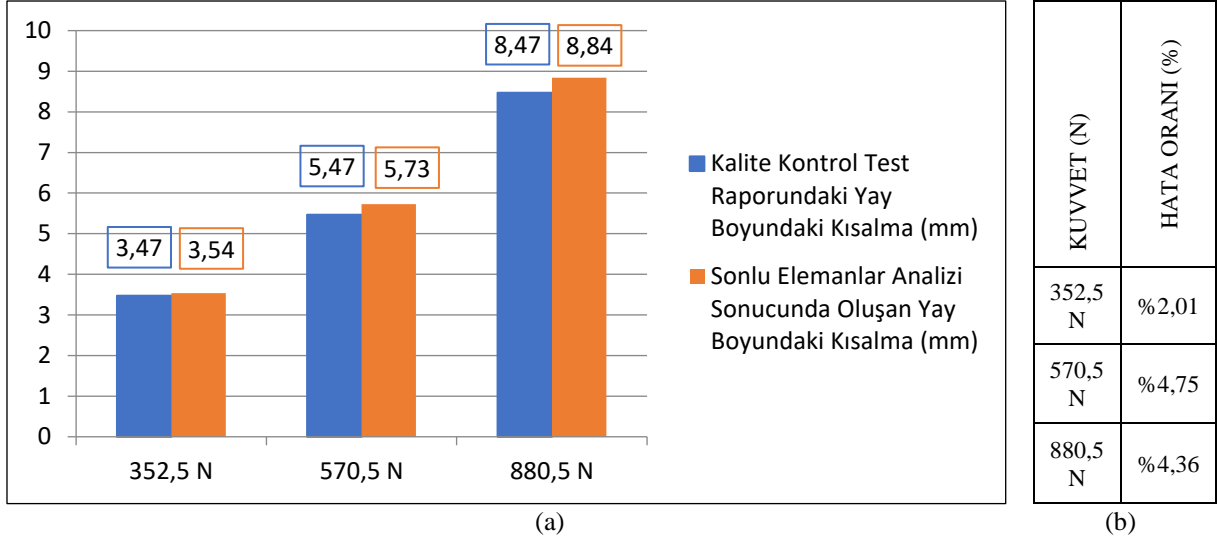


(a)

KUVVET (N)	HATA ORANI (%)
3,6 N	% 2,59
5,46 N	% 2,73
7,28 N	% 2,03
9,28 N	% 3,65

(b)

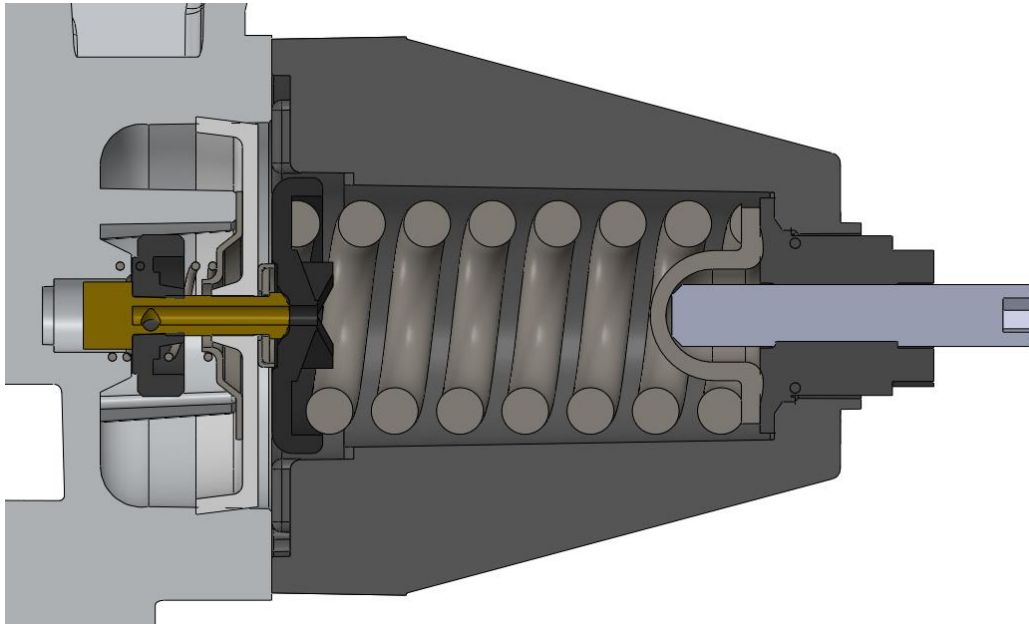
Şekil 14. (a) Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı 2 boyundaki kısılmanın test raporunda ve analizde karşılaştırılması, (b) Hata oranı



Şekil 15. (a) Hava kurutucuda kullanılan basınç ayar valfi yayı boyundaki kısalmanın test raporunda ve analizde karşılaştırılması, (b) Hata oranı

3.2. Test Cihazında Yapılan Testler

Hava kurutucudaki basınç ayar valfi yayının Şekil 16'da görülen setskur yardımıyla stroğu belirli bir seviyeye kadar adım adım azaltılıp test edilmiştir. Ancak basınç ayar valfi montajlanırken; valf kapağı geometrisinden dolayı, basınç ayar valfi yayı 2 mm sıkıştırılarak montajlanmaktadır. Böylelikle setskur ile yayın stroğu azaltılmadan önce montaj esnasında valf yapısının geometrisinden dolayı yayın stroğu 2 mm azalmaktadır. Bu olay yay için, bir nevi ön yükleme gibi düşünülebilir.



Şekil 16. Hava kurutucu basınç ayar valfi montajlanmış hali kesit görünümü

Hava kurutucu, gövdeye basınç ayar valfi ve diğer bileşenler montajlanıp test cihazına bağlanmıştır. Test başlatıldığında, basınç sensörü tarafından ölçülen kesme basıncı 12 bar değerinin altında olduğu görülmüş ve operatör tarafından setskur, alyan anahtar ile sıkılmaya başlanmıştır. Setskur birer tur sıkılıp kesme ve kapama basınç değerleri gözlemlenmiştir. Setskur M6 olduğundan dış adımı 1 mm'dir. Bu yüzden setskuru 1 tur sıkılamak, yayın stroğunu 1 mm azaltmak anlamına gelmektedir.

Setskurun sıkılmasına bağlı olarak kesme ve kapama basınçlarının değerleri Çizelge 2'de sunulmaktadır:

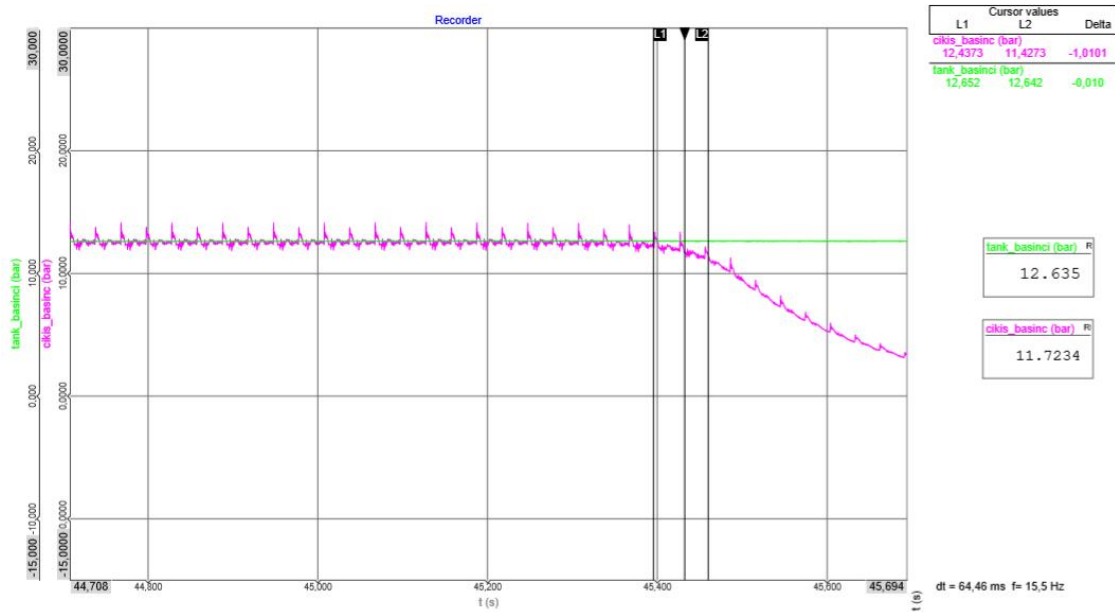
Çizelge 2. Hava kurutucu basınç ayar valfi setskuru sıkılması ile oluşan kesme ve kapama basıncı değerleri

Setskurun Sıkılması (Tur)	Kesme Basıncı (bar)	Kapama Basıncı (bar)
1 tur	6,8 bar	6 bar
2 tur	9 bar	7,8 bar
3 tur	11,4 bar	9,7 bar
3,25 tur	12 bar	10 bar

Bu bağlamda; hava kurutucunun kesme basıncını 12 bar değerine ayarlamak için basınç ayar valfi yayının toplamda 5,25 mm stroğunun azalması gerektiği görülmüştür.

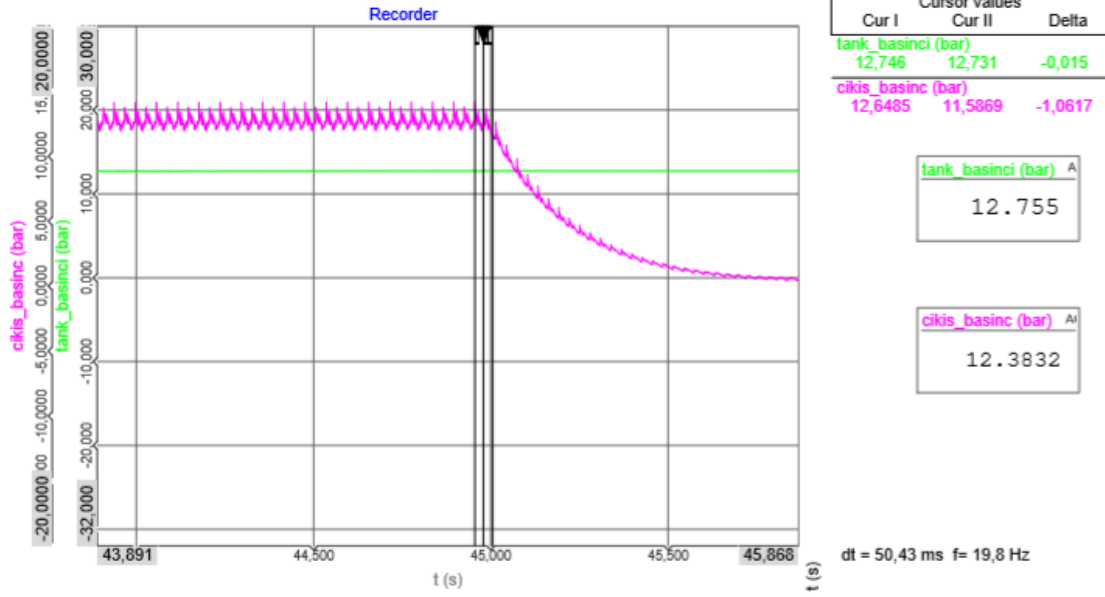
3.3. Hava Kurutucu Çalışma Performansının Ölçülmesi

Test cihazındaki kontrol paneli yardımıyla basınç sensörlerindeki veriler okunabilmektedir. Ayrıca kontrol paneli bir yazılım sayesinde bilgisayara bağlanarak istenen veriler bir grafik haline de getirilebilmektedir. Burada diferansiyel ile aralık ifade edilmek istenilmiştir. Ayrıca basınç azalırken 1 bar'lık diferansiyel, artarken 0,5 bar'lık diferansiyel alınmasının sebebi süreyi hassas bir şekilde ölçebilmek içindir. Hava kurutucunun kesme basıncı olan 12 bar değerinden, kapama basıncı olan 10 bar değerine düşerken; 1 bar'lık diferansiyelde geçen süre ve kapama basıncı olan 10 bar değerinden, kesme basıncı olan 12 bar değerine yükselirken 0,5 bar'lık diferansiyelde geçen süre raporlanmıştır. Şekil 17'de hava kurutucunun kesme basıncı 12,6 bar değerine ayarlanmış olup tahliye başladığında, kapama basıncı olan 10,6 bar değerine düşerken 1 bar diferansiyelde geçen süre görülmektedir. Grafikteki tank basıncı ile belirtilen, tankdaki anlık basınçtır ve çıkış basıncı ise kesme basıncı ile kapama basıncı arasındaki anlık basınçtır.



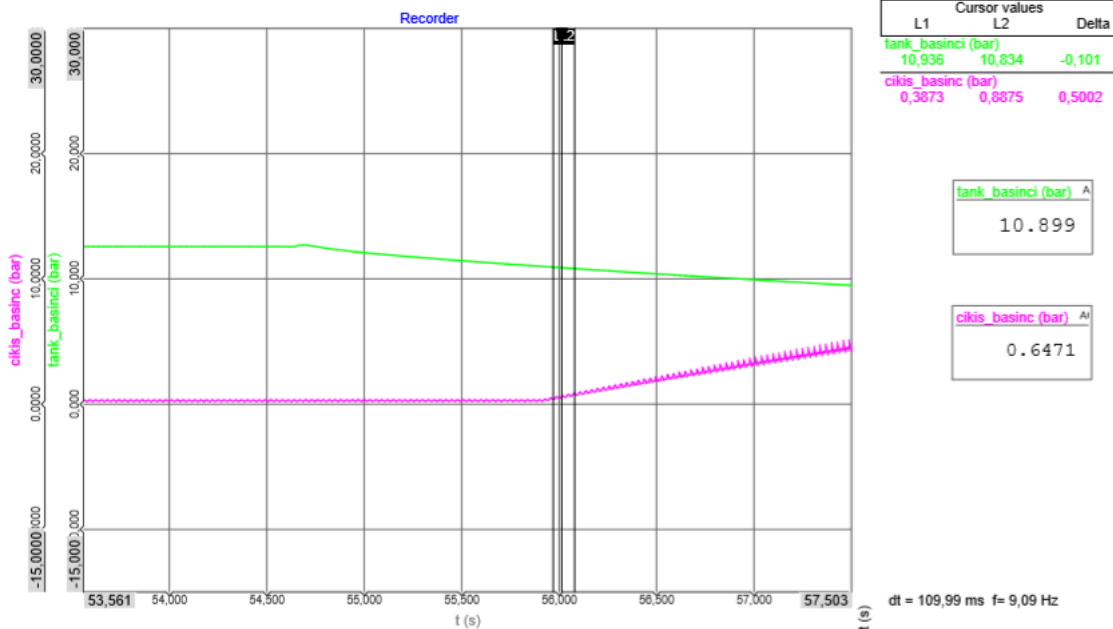
Şekil 17. Hava kurutucunun kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyeldeki geçen süre

Hava kurutucunun kesme basıncı 12,6 bar değerinde ayarlanmıştır, tank basıncı bu değere ulaşınca hava kurutucuda tahliye işlemi başladığı anda, grafikte görüldüğü gibi çıkış basıncı olarak adlandırılan kompresör ile hava kurutucu arasında bulunan basınç sensörünün değeri anlık olarak düşmektedir. Çünkü tahliye başlayınca, kompresörün ürettiği hava tanka depolanmayıp hava kurutucu tarafından atmosfere verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere 1 bar diferansiyelde geçen süre 64,46 ms'dir. Aynı test, aynı koşullarda OEM hava kurutucu ile de yapılmıştır. Şekil 18'de görüldüğü gibi tahliye anında 1 bar diferansiyelde geçen süre 50,43 ms'dir.



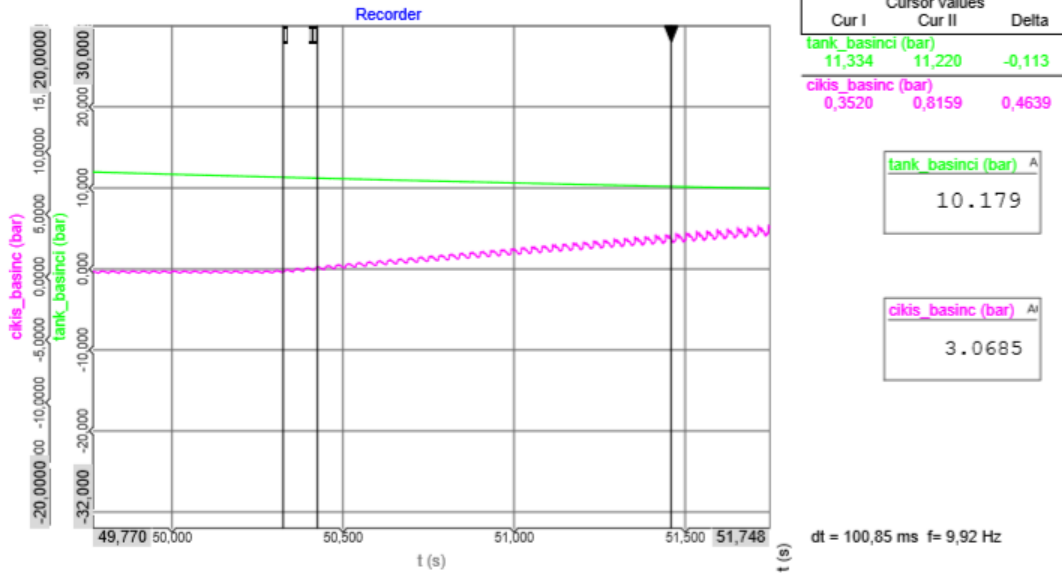
Şekil 18. OEM hava kurutucunun kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyeldeki geçen süre

Hava kurutucuda, ayarlanan 12,6 bar değerinde tahliye işlemi başladığında; tank üzerinden kaçak verilmiştir. Bu işlemin araçtaki karşılığı; fren, süspansiyon vb. bölümlerin havayı kullanıp tankdaki hava basıncının azalmasıdır. Tank üzerinde yaklaşık olarak 2 bar değerindeki düşüşte hava kurutucu tekrar devreye girerek kompresörden gelen havayı tanka depolamaktadır. Şekil 19’da ise hava kurutucunun tekrar aktif olduğu, kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyelde geçen süre görülmektedir. 0,5 bar diferansiyelde geçen süre yaklaşık 110 ms’dir.



Şekil 19. Hava kurutucunun kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyeldeki geçen süre

Aynı test, aynı koşullarda OEM hava kurutucu ile de yapılmıştır. Şekil 20’de görüldüğü gibi kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyelde geçen süre 100,85 ms’dir.



Şekil 20. OEM hava kurutucunun kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyeldeki geçen süre

Çizelge 3’de görüldüğü gibi; kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyelde geçen süre yerli hava kurutucuda yaklaşık 14 ms daha fazladır. Kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyelde geçen süre yerli hava kurutucuda yaklaşık 9 ms daha fazladır. Bu belirtilen farklar ms cinsinden olduğu için yerli hava kurutucu ile OEM hava kurutucunun yaklaşık olarak aynı performansta çalıştığı söylenebilir.

Çizelge 3. OEM hava kurutucu ile yerli hava kurutucunun çalışma performanslarının karşılaştırılması

	OEM Hava Kurutucu	Yerli Üretim Hava Kurutucu
Kesme Basıncından		
Kapama Basıncına		
Düşerken 1 Bar	50,43 ms	64,46 ms
Diferansiyelde Geçen		
Süre (ms)		
Kapama Basıncından		
Kesme Basıncına		
Yükselirken 0,5 Bar	100,85 ms	109,99 ms
Diferansiyelde Geçen		
Süre (ms)		

4. SONUÇ

Hava kurutucunun, kompresörden gelen havayı verimli bir şekilde kullanabilmesi için optimum kapama ve kesme basınçlarının sistemde uygulanması gerekmektedir. Bu ancak hava kurutucunun içindeki yaylar ile sağlanabilir. Yaylar için kalite kontrol test raporları istenilmiştir. Ayrıca yayların sonlu elemanlar metodu ile analizleri yapılmıştır. Bu analizler ile kalite kontrol test raporları kıyaslanmıştır. AISI 302 malzemesinden imal edilen tahliye yayı, basınç ayar valfi yayı ve basınç ayar valfi yayı-2 isimli yaylarda uygulanan kuvvetlere göre toplam boylarındaki kısalmalar, test raporlarında ve sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerde kıyaslanmış ve birbirine çok yakın sonuçlar gözlemlenmiştir. En yüksek farkın, tahliye yayına 74 N yük uygulandığında, boydaki kısalmanın rapordaki ile analizdeki arasında %6,09 olduğu görülmektedir. Aynı koşullarda üretilen yayların kendi aralarında bile fark olduğu düşünüldüğünde, %6,09’luk fark kabul edilebilir makul bir değerdir. Yeni yapılacak

tasarımlarda sonlu elamanlar yönteminin kullanılması zaman ve maliyet açısından projelerde hız kazandıracaktır. Hava kurutucunun çalışma performansının ölçülmesi adına yapılan çalışmalarda test cihazındaki kontrol paneli, yazılım ve kontrolcü sayesinde bilgisayara bağlanarak basınç sensörlerindeki istenen veriler grafik haline getirilebilmiştir. OEM hava kurutucu ile yerli üretim hava kurutucunun çalışma performansları ölçülerek karşılaştırılmıştır. Kesme basıncından kapama basıncına düşerken 1 bar diferansiyeldeki geçen süre OEM hava kurutucuda 50,43 ms iken; yerli hava kurutucuda 64,46 ms olarak ölçülmüştür. Kapama basıncından kesme basıncına yükselirken 0,5 bar diferansiyeldeki geçen süre OEM hava kurutucuda 100,85 ms iken, yerli hava kurutucuda 109,99 ms olarak ölçülmüştür. Yapılan karşılaştırılmalı test sonuçları göz önünde bulundurularak veriler arasında çok büyük sapmalar meydana gelmediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak yerli üretim hava kurutucu ile OEM hava kurutucu yaklaşık olarak aynı performansta çalışmaktadır. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa ortaya çıkan ürünün, ihtiyaç duyulan kriterleri sağlayacak nitelikte sonuçlar sunduğu gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde verdikleri destekten dolayı Yıldız Pul Otomotiv Motor Parçaları Sanayi A.Ş. firması ve Ar-Ge Merkezi çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Wang, X.F., et al., "Affect of Power Consumption Decline of Air Compressor on Oil Saving of Heavy-duty Vehicle", 9th Ieee Vehicle Power and Propulsion Conference (Vppc), Page 493-497,China, 2013.
2. Lök, A., "Araç Fren Sistemleri", MMO Kartal, İstanbul, 2011.
3. Randall Nichols, Jeff Malarik, "Truck Air Dryer Purge Air Cleaner", United States Patent Application Publication, No: US 2004/0094036 A1, USA ,2004.
4. Kenneth Lon Cramer, Robert Dale Krieder, "Charge/Purge Control System For Air Dryer With Humidity Control", European Patent Office, No: 0523194B1, Europe, 1994.
5. Karsten Schnitter, "Air Dryer Cartridge", European Patent Office, No: DE 102015112488 A1, Europe, 2015.
6. "3 Reasons to Replace Your Air Dryer", <https://www.donaldson.com/en-in/engine/filters/technical-articles/3-reasons-replace-air-dryer/>, 15.03.2021