

# İŞ MAKİNALARINDA HİDROLİK KONTROLLÜ TERS FAN UYGULAMASININ SOĞUTMA SİSTEMİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Alper Yağız TOKER  
Yunus Orhun SUBAŞIOĞLU

## ÖZET

Bu çalışmada, iş makinalarında hidrolik pilot uyarıcı ile yönlendirilen ters fan uygulamasının, geleneksel tek yönlü fanlara göre makinenin soğutma grubunda oluşturduğu farklar incelenecektir. Ters fan uygulaması makinenin zorlu koşullarda bile soğutma sistemi performansından ödün vermeden verimli çalışmasına olanak sağlamaktadır.

Genellikle iş makinalarında motor ve diğer komponentlerin soğutulması, motora kayış fan kasnağı ile bağlı kanat açısı sabit standart bir fan aracılığı ile sağlanmaktadır. Fakat bu durum belirli bir çalışma saatinden sonra, makine çalışma koşulları göz önünde bulundurulduğunda, soğutma grubundaki radyatörlerin fin-kanatçık aralarında toz birikmesi sebebi ile makinenin soğutma performansında düşümlere sebebiyet verebilmektedir. Bu durumun önüne geçmek amacıyla kullanılan ters fan uygulamasının soğutma sistemi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolik fan, soğutma sistem performansı, hidrolik fan kanat yön kontrol, iş makinesi

## ABSTRACT

In this study, the differences created by the application of a hydraulically pilot-operated reversible fan in construction machinery cooling systems, compared to traditional one-way fans, are examined. The reversible fan application enables the machine to operate efficiently without compromising cooling system performance even under harsh working conditions.

Typically, the cooling of the engine and other components in construction machinery is provided by a standard fan with a fixed blade angle, connected to the engine via a belt-driven fan pulley. However, after a certain number of operating hours and considering the working conditions of the machine, dust accumulation between the fins of the radiators in the cooling unit can lead to a decline in the machine's cooling performance.

To prevent this issue, the impact of the reversible fan application on the cooling system has been investigated.

**Key Words:** Hydraulic fan, cooling system performance, hydraulic fan blade direction control, construction machinery

## 1.GİRİŞ

Günümüzde içten yanmalı motora sahip hemen hemen bütün taşıtlarda kendine has bir soğutma sistemi bulunmaktadır. Motor soğutma sisteminin motor yağı ve motor suyunun aşırı ısınmasını önlemek, motoru en verimli ısıya en kısa zamanda yükseltmek, motor ile komponentlerinin en çok verim verecek şekilde çalışma sıcaklığında kalmasını sağlamak için oldukça önemlidir. Bu sistemlerde farklı özelliklere sahip motor kayış tahrikli veya farklı tahrik ile çalışan (elektrik, hidrolik vb.) fanlar aracılığı ile sağlanmaktadır.

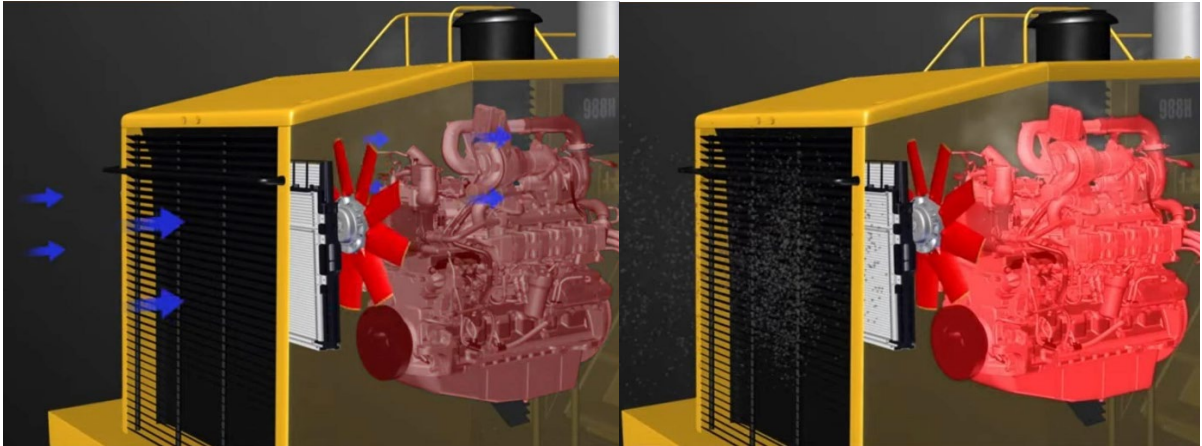
Özellikle toz taşınımı yüksek olan sahalarda ağır şartlarda çalışan iş makinalarının soğutma sisteminin görevini yerine getirmesi, motor ve pompa gibi alt bileşenlerinin ömrünü uzaması ve bakım maliyetlerini azaltması açısından önem arz etmektedir. Soğutma sisteminde yer alan radyatöre ait kanatçıklar toz taşınımı ile birikerek tıkanabilmekte ve ısı transferini sağlıklı olarak yerine getirmemektedir. Zamanla motor ve pompa gibi komponentlerin en uygun sıcaklık değerlerinin üzerine çıkarak kalıcı tahribe bile yol açabilmektedir.

Bu çalışmada ilgili sorun temel alınarak, radyatör kanatçıklarını temizlemeye yarayan hidrolik kontrollü ters fan uygulamasının genel olarak soğutma sistemine olan etkisi incelenmektedir.

## 2. İŞ MAKİNALARINDA HİDROLİK KONTROLLÜ TERS FAN UYGULAMASININ SOĞUTMA SİSTEMİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

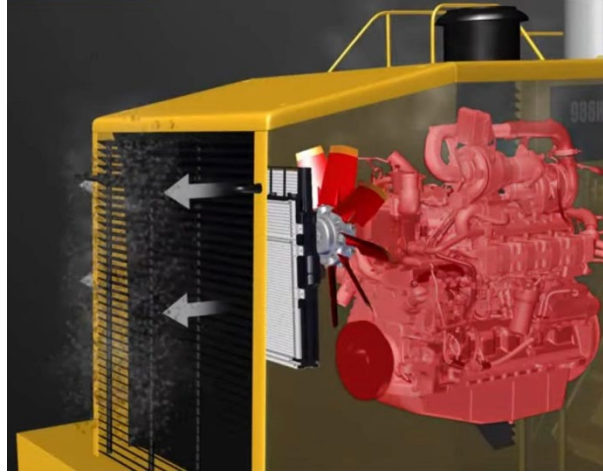
İş makinalarında soğutma amaçlı kullanılan ilgili fanlar hidrolik tahrikli, elektrikli veya motordan direkt olarak tahrik olarak radyatörlerden hava akışı geçirmek suretiyle motor odasına hava emerek genel anlamda soğutmaya yardımcı olmaktadır.

Aynı yöne dönmekte olan fanın hava emiş hatlarında, çalışma ortamlarından dolayı toz, saman talaş gibi partikülleri emmekte ve radyatörde kanatçık araları tıkanmasına yol açmaktadır. Zamanla tıkanan radyatörlerde soğutma kapasitesini düşürmekte ve sistemin kirlenmesine sebep olmaktadır.



Şekil 1. Klasik fan sisteminde hava emiş yönü [1]

İlgili sorunun çözümü için genelde radyatörler belirli aralıklarla temizlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ise hidrolik sisteme bağlı pilot uyarıcı ile fan kanat açıları değiştirilerek hava akış yönünü kontrol edebilmek mümkündür. Böylece normal hava akış yönü tersine uygulanarak herhangi bir dış müdahaleye gerek kalmadan radyatör kanatçıklarında biriken tozu temizlemek mümkün olabilmektedir.



**Şekil 2.** Hidrolik Kontrollü Ters Fan Aktif Hava Emiş Yönü

Şekilde de görüldüğü üzere herhangi bir ters yönde kuvvete gerek kalmadan (Hidrolik fan veya elektrikli fan), oransal valfe bağlı hidrolik kontrollü fanın sadece kanat açılarında değişikliklerle mevcut hava yönünü değiştirebilmek mümkündür.

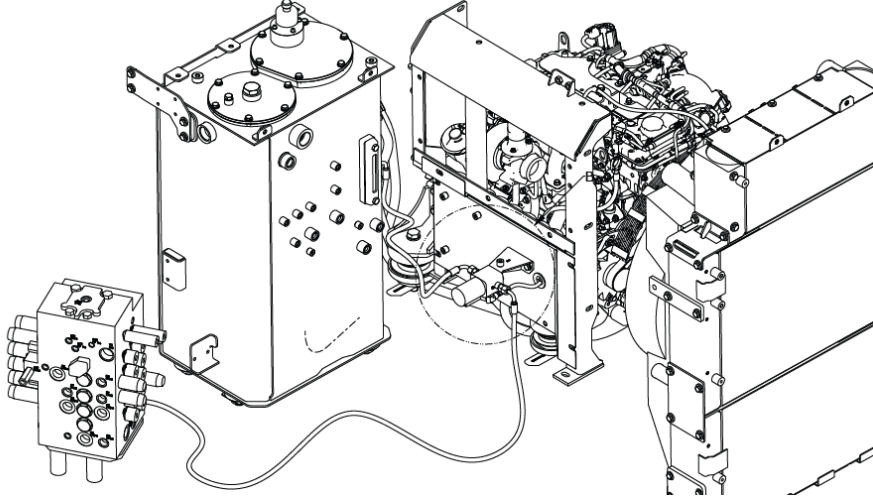


**Şekil 3.** Hidrolik Kontrollü Ters Fan Uygulaması

Hidrolik kontrollü ters fan, hareketini motor tahrikli olsa da kanat açısının ayarlanabilmesi için hidrolik enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Fan üzerine yönlendirilen hidrolik basınç, kanat açısını değiştirmeye yarayan kilit mekanizmayı aktif ederek kanat açılarının değiştirilmesi sağlamaktadır.

## 2.1. Hidrolik Kontrollü Ters Fan Uygulamasının Sisteme Entegrasyonu

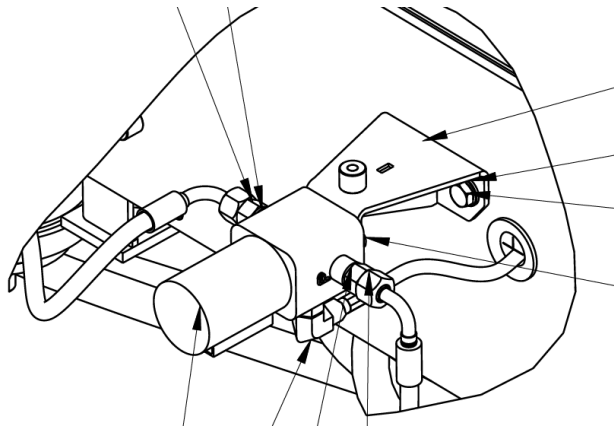
Hidrolik kontrollü ters fan hareketi motor tahrikli sağladığı için ekstra hidrolik hatları ile bağlantı karışıklıklarına gerek duymamaktadır. Hidrolik pilot basıncı ile uyarılarak tek bir hattan bağlantı yapılarak kanat açıları değiştirilebilmektedir. İlgili pilot hattın elektronik bir oransal valf aracılığı ile ters fana bağlantısı yapılmaktadır.



Şekil 4. Hidrolik Kontrollü Ters Fan Sistem Entegrasyonu

Oransal valf, ters fanın kontrolü için kilit rol oynamaktadır. Fana gelecek olan doğrudan pilot basıncı sürekli ters çalışmasına neden olacaktır. Bu basıncı otomatik olarak kontrol etmek için elektrikli kontrollü oransal valf tercih edilebilir. Böylece fan elektronik anahtar yardımıyla veya elektronik kontrol sistemine bağlanılarak belirli periyotlarda aktif edilebilir.

İş makinelerinde hidrolik kontrollü ters fana besleme verebilecek birçok hat bulunabilir. İlgili hatlardan herhangi birini oransal valf üzerinde bulunan P portuna bağlanabilir. Valften geçen düşük basınç T portundan doğrudan tanka iletilir. Oransal valf üzerinde bulunan A hattı ise doğrudan hidrolik kontrollü ters fana bağlanır.

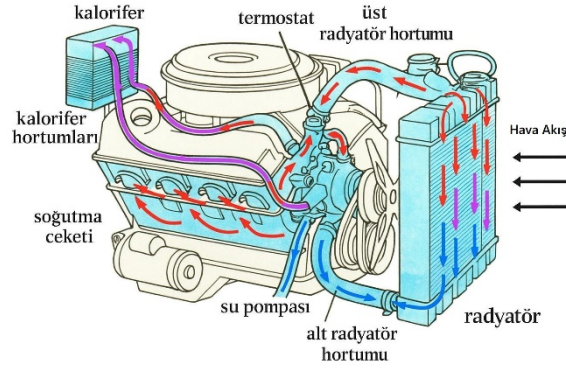


Şekil 5. Oransal Valf Görseli

### 3.İŞ MAKİNALARINDA MOTOR SOĞUTMA SİSTEMİ VE DENEY PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

#### 3.1. Soğutma Sistemi Parametrelerinin Belirlenmesi

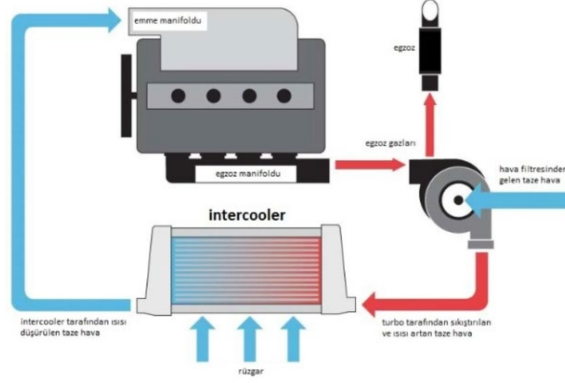
Günümüzde her ne kadar çalışma prensibi hemen hemen aynı olsa da motorun tasarım kriterlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklarda motorun soğutulmasında baz alınan parametrelerde değişik istekler oluşturmaktadır. Örneğin bir motor modeli için soğutma suyu radyatör giriş sıcaklığı 95°C olarak kabul edilirken farklı bir model motor için 90°C sıcaklık uygun görülen çalışma sıcaklığı olabilmektedir.



Şekil 6. Su Soğutma Çevrimi [2]

Hidrolik yağ sıcaklığında ise durum biraz daha farklıdır. Burada yağın bozulma sıcaklığı esas alınır. Belirli bir sıcaklıktan sonra yağ yapısında bozulma veya viskoziteye bağlı olarak oluşan kavitezyon sonucu pompa gibi hidrolik komponentler üzerinde ciddi tahribata neden olabilir. Bu yüzden iş makinelerinde hidrolik soğutması için ayrı bir radyatör bulunur. Hidrolik yağın cinsine göre kullanım sıcaklık aralığı değişebilir.

İş makinelerinde çalışma koşulları ve makina tonaj ağırlıkları düşünüldüğünde motorun yüksek güçte verim üretmesi gerekmektedir. Hemen hemen yeni nesil iş makinelerinde kullanılan tüm motorları turbo şarjlıdır. Turbo şarjlı motorlarda, turbonun sıkıştırması sonucu ısınan havanın soğutulması için ek bir ara soğutucuya ihtiyaç duyulur. Bu ara soğutucuda intercooler olarak adlandırılmaktadır. Intercooler hava yakıt karışımındaki denge ve motora giren havadaki sıcaklığı dengede tutan önemli bir elemandır. Bu yüzden göz ardı edilmemesi gereken soğutma parametrelerinde yer alarak, yine fan önüne yerleştirilmiş bir radyatör aracılığı ile soğutulmaya ihtiyaç duymaktadır. Intercoolerda yine motor tasarım kriterine göre sıcaklık sınır değeri değişmektedir.



Şekil 7. Intercooler Soğutma Çevrimi [3]

Mevcut çalışmamızda ise standartta kullanılan fan ısı denge kriterlerini sağlamaktadır. Fakat kullanılacak olan hidrolik kontrollü ters fanın, makina üzerindeki ısı dengelerinin bozulmaması ve performans kaybı yaşanmadan bu sıcaklık kriterlerinin mevcut durum ile kıyaslanması gerekmektedir. Kısacası hidrolik kontrollü ters fan, aynı çalışma koşulları altında soğutma sisteminde verim kaybına neden olmamalıdır. Aşağıda görülen tabloda, deneylerde kullanılacak olan örnek motor soğutma sistemine ve hidrolik yağa ait referans soğutma sistemi limit sıcaklık tablosu yer almaktadır.

Tablo 1. Motor Soğutma Sistemi Ve Hidrolik Yağ Sıcaklıkları Limit Tablosu

Soğutma Sistemi Sıcaklık Limit Değerleri	
Intercooler Motor Giriş Sıcaklığı	50°C
Su Motor Çıkış Sıcaklığı	95°C
Hidrolik Yağ Radyatör Giriş Sıcaklığı	90°C

### 3.2. Deneyde Kullanılan Cihazlar

Deney aşamalarında iş makinasının normalde çalıştığı koşullar göz önüne alınarak sıcaklık ölçümü, motor yükü ölçülerek gerçekleştirilmiştir. İlgili cihazlar, hesaplamalarda sapma veya yanılmaya meydan vermeyecek kalibrasyonu yapılmış cihazlardır. Testlerde kullanılan cihazlar aşağıda yer almaktadır.

#### K tipi Daldırma Tipi Termokupl

Deney yapılan makinada, sıcaklık ölçümü yapılması gereken noktalara ilgili sensör bağlanarak gerçekleştirilmektedir. Birçok tipi bulunan bu sensörün daldırma tipi olarak kullanılmasının sebebi; sensör ucu, sıvı ya da gaz ortamına doğrudan batırılarak ölçüm almaya olanak sağlamasıdır. Paslanmaz çelik veya ısıya dayanıklı başka malzemelerle kaplı olduğu için deney esnasında ilgili sensörün kullanılması uygundur.



Şekil 8. K Daldırma Tipi Termokupl

### Basınç Sensörü

Elektronik basınç sensörleri, içlerindeki algılama elemanları (genellikle piezorezistif, kapasitif, piezoelektrik veya strain gauge) sayesinde uygulanan basınca bağlı olarak bir elektrik sinyali üretir. Bu elektrik sinyalinin karşılığına tekabül eden basınç değeri ilgili veri toplama cihazından kayıt altına alınabilir.

### Basınç Veri Toplama Cihazı

Aynı anda birden fazla basınç sensörünün bağlanıp anlık olarak değer okuma ve bu basınçların kayıt altına alınmasını sağlayan cihazdır. Gerçekleştirilen deneyde basınç ölçüm değerleri ilgili cihaz yardımıyla sağlanmıştır.

### Sıcaklık Veri Toplama Cihazı

Aynı anda birden fazla sıcaklık sensörünün bağlanıp anlık olarak değer okuma ve bu sıcaklıkların kayıt altına alınmasını sağlayan cihazdır. Gerçekleştirilen deneyde sıcaklık ölçüm değerleri ilgili cihaz yardımıyla sağlanmıştır.

### Motor Veri Toplama Cihazı

İlgili cihaz bilgisayar ile motor arasında CAN hattı üzerinden veri almaya yaramaktadır. CAN, iş makineleri veya otomobil gibi araçlarda birden fazla Elektronik Kontrol Ünitesinin (ECU) birbirleriyle hızlı, güvenilir ve düşük kablo kullanımıyla veri alışverişi yapabilmesini sağlayan bir seri iletişim ağıdır. [6] İlgili cihaz aracılığı ile motorun yüke girme oranının verisi toplanabilmektedir.

## 4.DENEY PROSEDÜRÜ

Motor ve hidrolik sistemlerin çalışma sıcaklıklarının doğrulanması, iş makinelerinde güvenli, verimli ve uzun ömürlü kullanım açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, iş makinelerinde uygulanan standart bir hararet testinin adımları detaylı biçimde sunulmuştur. İlgili çalışma esnasında hidrolik kontrollü ters fanı besleyen oransal valf üzerinden pilot basıncı ölçümü alınmıştır.

#### 4.1. Deney Öncesi Hazırlıklar

1. Testten önce makinenin sıvı seviyeleri (hidrolik yağı, soğutma suyu, yakıt , adblue) yazılımsal durumları ve fiziksel koşulları titizlikle kontrol edilmelidir.
2. Su radyatörü tamamen soğutma suyu ile dolu olmalı, hava kalmamalıdır.
3. Soğutma suyundaki antifriz oranı %50 olmalıdır.
4. Yakıt seviyesi test süresince yeterli olacak şekilde kontrol edilmelidir.
5. Hidrolik pompa akım ayarları ve motor kontrol ünitesi yazılımı doğrulanmalıdır.
6. Gösterge paneli işlevsel olmalı, test sırasında doğru veri sağlamalıdır.
7. Termostatlar açık konuma alınmalı, kalorifer sıcak su hattı kapatılmalıdır.
8. Termokupl montajı ve sıcaklık ölçüm hazırlığı sıcaklık alınacak olan noktalara bağlanarak sıcaklık veri toplama cihazı ile bağlantıları yapılmalıdır.
9. Basınç sensörleri ters fan veya fanı besleyen hat üzerine bağlanmalıdır.
10. Ölçüm cihazlarının ve sensörlerin işlevselliği test öncesi kontrol edilmelidir.
11. Ölçüm cihazları hidrolik yağ, sıcak yüzeylerden, su veya tozdan korunacak şekilde monte edilir.

#### 4.2. Deneyin Gerçekleştirilmesi

1. Makina üzerinde hava akışına etki edecek herhangi bir açıklık olmamalıdır.
2. Klima gerekli konum ve ayarda çalıştırılır.
3. Ölçüm cihazının kayıt yaptığı test boyunca takip edilir.
4. Testler uygun mod ve motor devrinde gerçekleştirilir.
5. Kazı işlemleri, soğutma sistem performansı gereksinimlerini zorlu koşullarda bile sağlayıp sağlamadığını görmek için zorlanmalıdır.
6. Test sırasında motor yükü CAN-Bus üzerinden motor veri toplama cihazı aracılığı ile alınır.
7. Test sırasında sıcaklık verileri sıcaklık veri toplama cihazı aracılığı ile alınır.
8. Test sırasında basınç verileri basınç veri toplama cihazı aracılığı ile alınır.

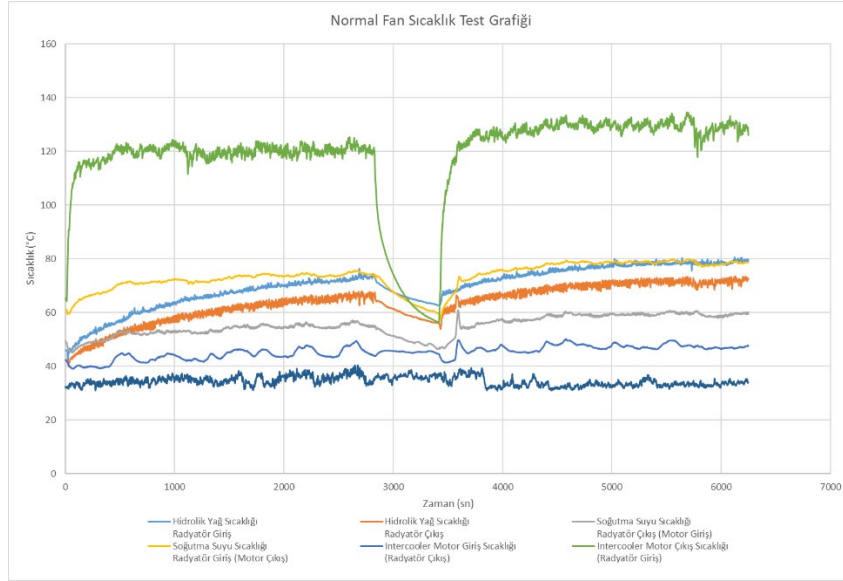
#### 4.3. Dokümantasyon ve Sonuç

1. Test sonunda sıcaklık verileri incelenerek özet bir tablo haline getirilir ve karşılaştırma yapılır.
2. İlgili veriler uygun yöntemlerle işlenerek gerçekçi veriler elde edilir.
3. Doğruluğun tam anlamıyla sağlanması için birkaç tekrardan oluşan test gerçekleştirilmiştir.

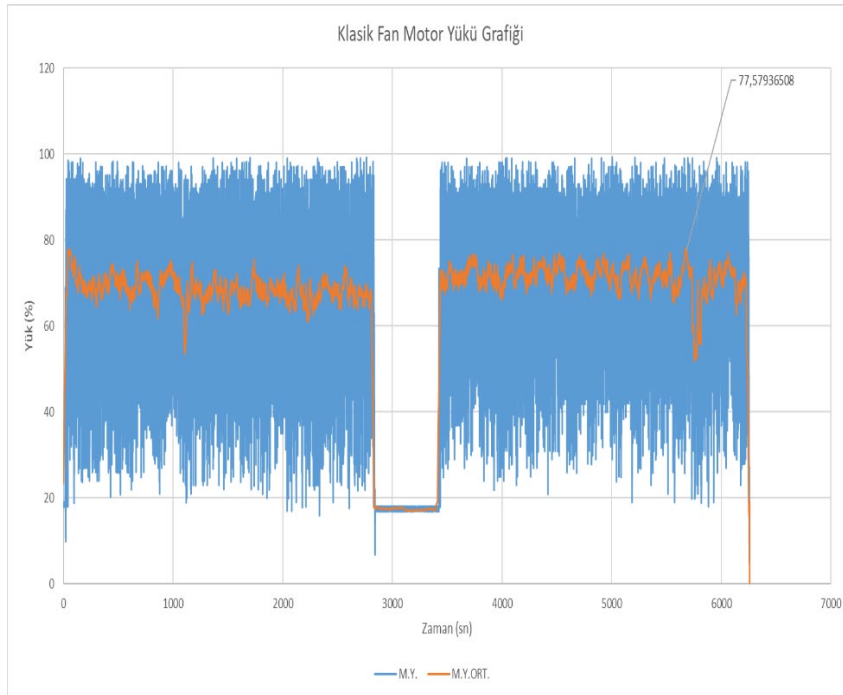
### 5.DENEY SONUÇLARI

Deney mevcutta bulunan prototip makinada hem standart fan hem de hidrolik kontrollü ters fan uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Deney esnasında soğutma suyu radyatör giriş-çıkış, intercooler radyatör giriş-çıkış, hidrolik yağ radyatör giriş-çıkış noktalarından sıcaklık ölçümü, hidrolik kontrollü ters fanın pilot hattından basınç ölçümü alınmıştır. Tüm testler deney prosedür adımlarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

## 5.1. Mevcut Fan İle Gerçekleştirilen Test

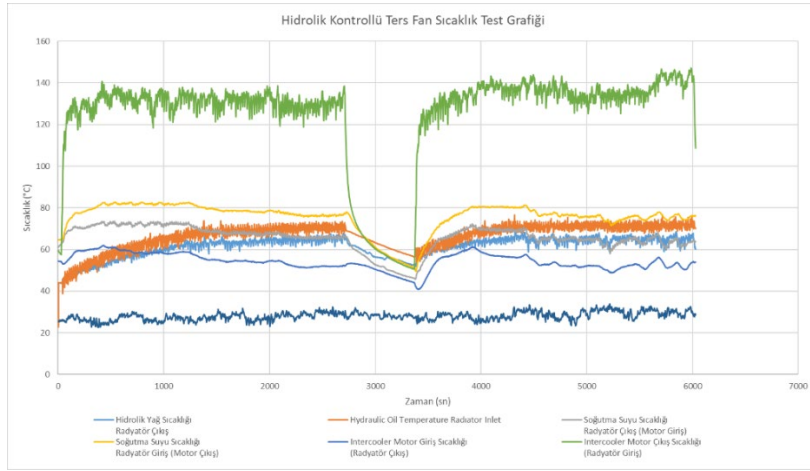


**Grafik 1.** Klasik Fan Hararet Sıcaklık Grafiği

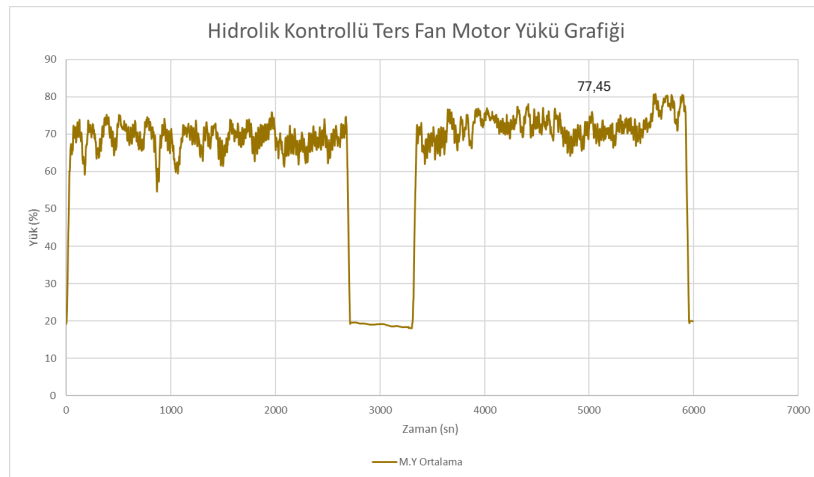


**Grafik 2.** Klasik Fan Motor Yük Grafiği

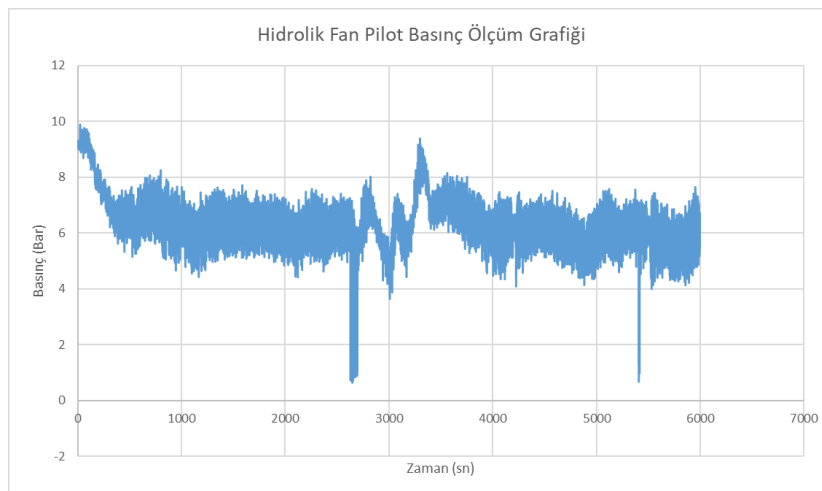
## 5.2. Hidrolik Kontrollü Ters Fan İle Gerçekleştirilen Test



**Grafik 3.** Hidrolik Kontrollü Ters Fan Hararet Sıcaklık Grafiği



**Grafik 4.** Hidrolik Kontrollü Ters Fan Motor Yüğü Grafiği



**Grafik 5.** Hidrolik Kontrollü Ters Fan Pilot Basınç Grafiği

## 6.SONUÇ

Yukarıda yer alan grafikler ve verilerin detaylı incelenmesi sonucunda hidrolik kontrollü ters fan genel anlamda soğutma sisteminde klasik fan gibi işlevini yerine getirmiştir. Genel olarak sıcaklık değerlerinde artış gözlemlenmiş olsa da bu değerler limit değerlerin altında kalmaktadır. Kısaca bu sıcaklıkları kıyaslayacak olursak;

**Tablo 2.** Klasik Fan ve Hidrolik Kontrollü Ters Fan Sistem Soğutma Kapasitesi Karşılaştırma Tablosu

Hidrolik Kontrollü Ters Fan-Klasik Fan Sıcaklık Karşılaştırma Tablosu	
Hidrolik Yağ Sıcaklığı Radyatör Çıkış	%10,24 Oranında artış olmuştur.
Hidrolik Yağ Sıcaklığı Radyatör Giriş	%9,51 Oranında sıcaklıkta artış olmuştur.
Soğutma Suyu Sıcaklığı Radyatör Çıkış (Motor Giriş)	%1,36 Oranında sıcaklıkta artış olmuştur.
Soğutma Suyu Sıcaklığı Radyatör Giriş (Motor Çıkış)	%5,27 Oranında sıcaklıkta artış olmuştur.
Intercooler Motor Giriş Sıcaklığı (Radyatör Çıkış)	%28,5 Oranında sıcaklıkta artış olmuştur.
Intercooler Motor Çıkış Sıcaklığı (Radyatör Giriş)	%15,46 Oranında sıcaklıkta artış olmuştur.

Test sonuçlarına göre hidrolik kontrollü ters fanın sistem soğutma performansında kayıplara neden olmaktadır. Fakat bu kayıplar tasarım kriterlerinde bulunan limit sıcaklık değerleri içerisinde kalmakta olup makinanın mevcut performansından ödün vermeden çalışmasına olanak vermektedir.

Klasik fan ile mukayese edildiğinde hidrolik kontrollü ters fanın avantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

- Uzun periyotta radyatör temizliğini kolaylaştırarak, insan gücüne gerek kalmadan kendi kendine radyatör temizliğini sağlayabilir.
- Soğutma performansı konusunda uzun vadede muhtemel olarak klasik fana göre daha iyi bir performans getirisini olacaktır.
- Uzun vadede motor ve hidrolik ekipmanların zarar görmesini engelleyerek bakım ve temizlik maliyetlerini düşürecektir.

Klasik fan ile mukayese edildiğinde hidrolik kontrollü ters fanın dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

- İlk kurulum maliyeti klasik fana göre fazladır.
- Ekstra bakım gerektiren hidrolik tesisatı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Cleanfix 215558\_II\_reversible-fans-and-electrical-units\_tr\_v5.pdf  
 [2] Schematic diagram of a conventional cooling system" – Mohammed Alktranee  
 [3] *EngineBasics* – "Air-to-Water Intercooler Design"

## **ÖZGEÇMİŞ**

### **Alper Yağız TOKER**

1994,Tekirdağ doğumludur.2018 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği İngilizce programından mezun olmuştur. İş hayatına 2020 yılında MAKEL Teknoloji A.Ş firmasında Kalite Test Mühendisi olarak başlamış olup, 2022 yılında başlamış olduğu HİDROMEK A.Ş firmasında Ar&Ge Uzman Test Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

### **Yunus Orhun SUBAŞIOĞLU**

1993,Amasya doğumludur.2018 yılında Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği programından mezun olmuştur. Çankaya Üniversitesi Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'na tez aşamasında devam etmektedir.İş hayatına 2018 yılında Volvo Construction Equipment-Ceylan Otomotiv firmasında servis mühendisi olarak başlayarak sırasıyla 2020 yılında Meka A.Ş firmasında Servis&Yedek parça mühendisi, ve 2021 yılında Hidromek A.Ş firmasında Ürün Uzmanı olarak görev yaptıktan sonra yine aynı firmada HİDROMEK A.Ş'de 2023 yılından beri Ar&Ge Test Mühendisi olarak görev yapmaktadır.