

## İş Makinesi Lastiklerinde Nitrojen (N<sub>2</sub>) Gazının Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma

Haluk Rıfat KARATAŞ<sup>1</sup>, Veli Gökhan DEMİR<sup>2,\*</sup>, Hayrettin YÜKSEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*TKİ Ege Linyitleri İşletmesi, Soma/Manisa*

<sup>2</sup>*Balikesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Balikesir*

### Öz

Bu çalışmada nitrojen (N<sub>2</sub>) gazının pnömatik iş makinesi lastiklerinde kullanılabilirliği incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, nitrojen ve hava ile doldurulan R51 ebatlı iş makinesi lastikleri maden sahası şartlarında yaklaşık 3 aylık süre içinde (Ekim, Kasım ve Aralık ayları) 670 işletme saati kullanılmış, kullanım esnasında belirli aralıklarla yapılan ölçümler ile lastiklerin sıcaklık ve basınç değişimleri gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere göre, nitrojen gazı kullanımının lastik basıncı düşüşünde ve lastik sıcaklıklarında hava kullanımına göre kayda değer bir iyileştirme sağlamadığı görülmüştür. Sonuç olarak, nitrojen jeneratörü ihtiyacı gibi yüksek ilk yatırım maliyeti gereksinimi ve hava ile oldukça benzer bir işletme performansı sunması, nitrojen gazının iş makinesi lastiklerinde kullanılmasının teoride beklenen kadar avantajlı bir yöntem olmadığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nitrojen, Oksijen, İş Makinesi, Pnömatik, Lastik

## An Investigation about the Usability of Nitrogen (N<sub>2</sub>) Gas in Earth Mover's Tires

### Abstract

In this study, the usability of nitrogen gas (N<sub>2</sub>) in earth mover pneumatic tires was examined. In the experiments carried out for 670 h operating time and almost 3 months (October, November and December), nitrogen and air filled R51 sized earth mover tires were used in the condition of mineral field, the variation of pressure and temperature of tires were observed by the measurements in the defined time periods. According to the data obtained, it was observed that the use of nitrogen did not provide any considerable improvements of decrease of tire pressure and tire temperature compared to the use of air. As a result, the high set up costs such as requirement of nitrogen generator, and the similar operating performance with air show that use of nitrogen in earth mover pneumatic tires is not an advantageous method as well as estimated in theory.

**Keywords:** Nitrogen, Oxygen, Earth Mover, Pneumatic, Tire

---

\*e-mail: [veligokhandemir@balikesir.edu.tr](mailto:veligokhandemir@balikesir.edu.tr)

## 1. Giriş

İş makineleri; kazma, itme, koparma, kaldırma, taşıma, düzeltme, sıkıştırma, yükleme, delme gibi operasyonlarda kullanılan, genellikle açık arazide yapı, madencilik, tünel, çevre düzenleme ve ormancılık sektörlerinde faaliyet gösteren araçlar olarak tanımlanmaktadır. Hafriyat ekipmanı olarak hidrolik-havalı deliciler, dozer, greyder, tünel makineleri gibi araçlar iş makineleri içerisinde en yaygın kullanılanlar arasında yer almakta olup taşımada ise kamyon, skreyper ve yükleyiciler kullanılmaktadır [1].

Teknolojinin gelişmesiyle motor, şanzıman vb. gibi iş makineleri bileşenleri yenilenmekte, geliştirilen bu bileşenler ile iş makineleri her geçen gün daha az yakıt tüketen, daha fazla yük taşıyan ve daha hızlı çalışan makineler haline gelmektedir. İş makinelerindeki en önemli parçalarından birisi olan lastikler de bu gelişmelere paralel olarak sürekli geliştirilmiş ve önemli yapısal değişiklikler geçirerek son halini almıştır. Günümüzde iş makinesi lastiklerinden istenen, anlık yükü taşıması ve anlık hız artışlarına uygun olmasından ziyade taşıdıkları ağır yüklere ve yüksek hızlara dayanıklı olmaları ve kullanım ömürlerinin uzun olmasıdır. İş makineleri gibi büyük ebatlı lastiklerin üretiminde kullanılan yüksek teknoloji ve kısıtlı üretici sayısından kaynaklanan düşük rekabet, bu lastiklerin fiyatını önemli miktarda arttırmaktadır. Dolayısıyla lastik ömrü, iş makineleri kullanan firmalar için işletme maliyetlerini etkileyen en önemli etkenlerden birisi olarak görülmektedir. Lastik ömrünü etkileyen iki önemli parametre ise lastik basıncı ve sıcaklığıdır [2].

Pnömatik lastiklerde uygun lastik basıncının seçimi büyük önem arz etmektedir. Düşük basınçlı lastikler; artan yuvarlanma direnci nedeniyle yakıt tüketimini artırır, fazlalaşan lastik yüzey alanıyla aşınmayı hızlandırarak lastik ömrünün azaltır ve yağışlı havalarda fren mesafesinin uzamasına neden olur. Aşırı basınç ise lastiğin dış etkilere dayanımını azaltır, lastik dayanım katlarının kırılmasına neden olarak lastik ömrünü kısaltır [3]. Genel itibarıyla, uygun olmayan lastik basıncında çalışılması, lastik ömrünü ve aracın çeki verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Pnömatik lastikler üretici firmanın önerdiği basınç değerlerinde şişirilmelidir. Bu basınç değerleri, lastik boyutu, lastik üzerinde oluşabilecek maksimum yük, lastik dayanım katsayısı ve çift lastik kullanımına bağlı olarak değişim göstermektedir. Sadece bazı özel durumlarda (çalışma zemini özelliklerine bağlı olarak), lastik ömrünün azalması göz ardı edilerek çeki kuvveti artışı sağlayabilmek için katalog değerleri dışındaki basınç değerleri de uygulanabilmektedir [4,5].

Lastikler, yük altında esneme ve hız gibi faktörler nedeniyle ısınırlar. Yük altında dönen lastik, bir yandan mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesiyle ısınmakta, öte yandan bu ısıyı çevresine vererek soğumaktadır. Çalışma esnasında lastiğin ısı dengeye ulaşacağı sıcaklık derecesi, lastik yapısına bağlı olduğu kadar çevre şartlarıyla da ilgilidir. Lastiklerin fazla ısınması, aşınma mukavemetinin azalmasına ve taban bölgesinde parça kopması gibi tipik olumsuzluklara neden olabileceği için, kullanım ömrünü kısaltan önemli bir faktördür [6]. Çalışma sıcaklığının lastik ömrünü azaltması yanında tekerlek çapı ve çekiş gücü parametreleri ile tekerleklerin dönme dirençleri üzerinde bir etkiye sahiptir. Çalışma sıcaklığının dönme direncine olan etkisi iki şekilde olur. Birinci etki, tekerlek boşluğunu dolduran havanın sıcaklığındaki değişimden kaynaklı olarak şişkinlik sağlayan havanın basıncında değişim meydana gelmesidir. Lastik içindeki hava sıcaklığı arttıkça genel itibarıyla dönme direnç katsayısı

azalmaktadır. İkinci etki, tekerleğin yapısındaki kauçuk malzemenin sertlik ve elastikiyetindeki değişimdir [2].

Bu çalışmada ilk olarak, pnömatik lastiklerde basınç düşüşü ve sıcaklık artışını engelleyerek kullanım ömrünü arttırdığı iddia edilen nitrojen gazının pnömatik lastiklerde dolgu maddesi olarak kullanımı hakkında genel bilgiler verilmiş ve literatürde kısıtlı sayıda bulunan bilimsel çalışmalardan örnekler sunulmuştur. Çalışmanın ikinci kısmında ise nitrojen gazının lastiklerin basınç ve sıcaklık değerleri üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar, maden sahası şartlarında çalışan bir iş makinesinin R51 ebatlı lastikleri nitrojen ve normal hava ile doldurulmuştur. 670 saatlik çalışma süresinde (Ekim, Kasım ve Aralık ayları içerisinde), farklı gazlar ile doldurulan lastiklerin dolgu malzemesi kaçağı oranı ve sıcaklık değişimleri belirli periyotlarla gerçekleştirilen lastik basınç ve sıcaklık ölçümleriyle tespit edilmeye çalışılmıştır.

## 2. Nitrojen Gazının Pnömatik Lastiklerde Dolgu Maddesi Olarak Kullanımı

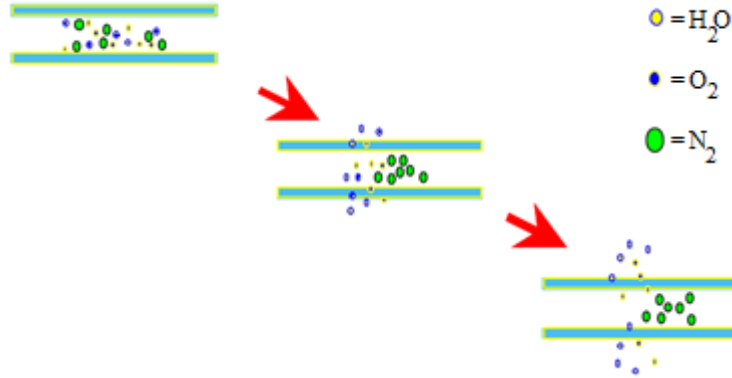
Atmosferdeki havanın %78'ini oluşturan nitrojen gazı endüstrinin farklı alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Nitrojen, birçok malzemeye karşı kimyasal reaksiyonlarda inert özellik gösterir ve normal şartlarda kimyasal reaksiyona girmez, böylece nitrojen kullanımıyla yanmanın yanı sıra birçok farklı kimyasal reaksiyonun oluşması da engellenebilmektedir. Nitrojen gazı pnömatik lastiklerin şişirilmesinde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Özellikle havacılık endüstrisinde, lastik basıncının korunması, oksidasyonun azalması ve yanma riskinin azaltılması nedeniyle nitrojen kullanılmaktadır. Otomobil ve motosiklet yarışlarında da nitrojen kullanımı yaygındır çünkü sıkıştırılmış hava ile karşılaştırıldığında nitrojen gazı su buharı (nem) içermediğinden kurudur. Lastiğe doldurulan havanın basıncı, havanın nem oranına bağlı olarak yarış esnasında oluşan ısı ile çok hızlı bir şekilde artar; nem ihtiva etmediği için ideal gaz olarak da görülebilen nitrojen gazı kullanımında ise sıcaklık artışı daha yavaş gerçekleşir böylelikle lastik performansında kararlılık sağlanmış olur. Maden endüstrisi gibi yol dışı araçlarının (iş makineleri) büyük lastiklerinde ise yüksek sıcaklıklarda kendiliğinden tutuşmayı ve yangın oluşumunu önlemeye yardımcı olduğu için nitrojen gazı tercih edilebilmektedir [7].

Konvansiyonel pnömatik taşıt lastiklerinin şişirilmesinde dolgu maddesi olarak genellikle normal hava kullanılmaktadır. Hava ile nitrojen arasında difüzyon hızı, iç basınç belirsizliği ve oksidasyon oluşumu farkı temel ayırt edici kriterlerdir ve bu kriterler dikkate alındığında taşıtlarda nitrojen gazının kullanımının avantajlı olduğu öne sürülmektedir [8].

### *Difüzyon farkı:*

Hava, oksijen ve nitrojen (azot) gazlarından oluşmaktadır. Hava karışımının 78%'ini nitrojen, %20.90'unu da oksijen oluşturmaktadır. Oksijen molekülleri nitrojen moleküllerine oranla daha küçük olduklarından difüzyon hızları, nitrojen moleküllerine oranla 30-40 kat daha yüksektir. Bu nedenle normal havayla doldurulan lastik, nitrojen doldurulan lastiğe oranla basınç kaybetmesini 3 kat daha hızlı olarak gerçekleştirmektedir. Havayla doldurulan lastik olması gereken basınç değerini uzun süre muhafaza edemeyecek ve sık sık hava basma ihtiyacı doğacaktır. Şematik olarak bunu açıklamak istediğimizde termodinamiğin temel felsefesi gereği enerjinin yüksekte düşüğe doğru transfer prensibine dayanan bir hareketle, filtre gibi davranan araç lastiklerinin iç yüzeylerinde Şekil 1'de de gösterilen nitrojen, oksijen ve su buharı (nem) gibi gazlar bulunmakta ve lastik içerisindeki basınç farkı nedeniyle

dışarıya doğru bir madde transferi gerçekleşmektedir. Buna göre, düşük molekül ağırlıklı oksijen atomlarının difüzyon hızı nitrojen atomlarına göre çok daha hızlı olacaktır [8].



Şekil 1. N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O moleküllerinin difüzyon davranışlarının şematik görünümü [8]

### ***İç basınç belirsizliği:***

Lastik iç basıncı, lastik dinamiği açısından en önemli faktördür. Lastiğin yere sürtünmesinin bir sonucu olarak enerjinin bir bölümü ısı enerjisine dönüşür ve lastik sıcaklığı artar. Artan sıcaklığa paralel olarak lastik iç basıncı artar, özellikle yüksek hızlarda lastikler aşırı derecede ısınmakta ve lastik iç basınçları belirsiz bir şekilde artmaktadır. Bu belirsizliğin nedeni artan sıcaklığa paralel olarak değişen lastik içi su buharı miktarıdır. Nitrojen, su buharı içermeyen yapısından dolayı sıcaklık farklarına havaya göre daha az duyarlıdır ve nitrojen ile doldurulan lastiğin hacmi farklı sıcaklıklarda önemli bir değişiklik göstermez. Dolayısıyla nitrojen, nitrojen gazının karakteristik özelliklerinden biri olan sıcaklığa karşı düşük duyarlılığı, yüksek hızlarda konvansiyonel havayla doldurulan lastiklerde karşılaşılan iç basınç belirsizliğini ortadan kaldırmakta ve kararlı bir iç basınç sağlanmaktadır [8].

### ***Oksidasyon:***

Konvansiyonel hava ile doldurulan lastiklerde oksijen, nitrojen ve diğer gazların yanı sıra yoğun miktarda su molekülleri bulunmaktadır. Lastikten sızıntı esnasında belli oranda su ve nem nüfuz etmektedir. Nüfuz edilen bu moleküller jant ve lastik içi tellerin korozyonuna sebebiyet vermekte ve oksidasyon reaksiyonu sonucu lastik ömürlerinin azalmasına neden olmaktadır. Nitrojen, su molekülü taşımadığından lastik içinde paslanmaya neden olmaz. Kimyasal olarak inert yapıya sahip olduğundan lastikle direkt olarak reaksiyon vermez. Bu sayede lastik iç yapısı korunmuş olur [8].

Nitrojenin pnömomatik lastiklerde kullanımı ile ilgili literatürde kısıtlı sayıda araştırma mevcuttur. Kevin ve arkadaşları [9] yaptıkları nümerik çalışmada nitrojen gazının lastiklerin oksidatif yaşlanmasına etkisini ve lastik basıncını sabit tutmadaki performansını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre lastikte %95 saflıktaki nitrojen gazı kullanımı ile havaya göre lastik yaşlanma oranında ortalama %25 ve lastik içi dolgu malzemesi kaçışlarında (basınç düşüşü) %35'lik azalma sağlandığını tespit etmişlerdir. Daws [10] yaptığı modelleme çalışmasında nitrojenin hafif ticari ve yolcu araçlarında kullanımını incelemiş ve nitrojen saflık derecesinin lastik yaşlanmasında ve lastik basınç kayıplarında önemli bir etken olduğunu belirtmiştir. Venkataraman [11] yüksek lisans çalışmasında nitrojen ile şişirilmiş lastik

kullanımının araç güvenliği, performansı ve işletme maliyetine etkisini incelemiştir. Gerçekleştirilen deneysel ve bilgisayar simülasyon çalışmaları sonunda nitrojen gazının lastik ömrü ve yakıt ekonomisi üzerinde olumlu etkisi olduğu sunulmuştur. Daws [12], pnömomatik lastiklerde nitrojen gazının; nitrojen gazının maliyeti (tesis ve gazın kendisi), işçilik maliyeti ve muhtelif masraflar dikkate alınarak kullanılması gerektiğini, bunun için de öncelikle etüt çalışması yapılmasını önermektedir.

### 3. Materyal ve Metot

Yapılan deneysel çalışmalarda çalışma alanı olarak Türkiye Kömür İşletmelerine (TKİ) bağlı Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müessesesi Müdürlüğü Eynez panosu seçilmiştir. Eynez panosu ELİ'nin açık ocak şeklinde çalışan önemli kömür sahalarından biridir. Çalışmamızın gerçekleştirildiği tarihlerde Eynez panosunda 25 adet kaya kamyonu ve 35 Adet iş makinesi çalışmakta olup bir yılda 300 bin ton kömür üretimi ve 1 milyon m<sup>3</sup> dekapaj yapılmaktadır. Toplam harman mesafesi 4,8 km olup günde 2 vardiya olmak kaydıyla 16 saat çalışılmaktadır.

#### 3.1. Materyal

Çalışmamızda kullanılan materyaller; iş makinesi olarak Komatsu marka 630 ES Haulpak model elektrikli kamyon, 3600 R 51 ölçülerinde Bridgestone marka lastik ve AVE marka sıcaklık/basınç algılayıcılarından oluşmaktadır.

##### *Lastik:*

Çalışmamızda kullanılmak üzere 6 adet E4 tipi 3600 R 51 ölçülerinde Bridgestone marka lastik satın alınmıştır. Kullanılan lastiklerin özellikleri Tablo 1'de detaylı olarak verilmiştir.

**Tablo 1.** Deneysel çalışmalarda kullanılan lastiklerin özellikleri

Sıra No	Marka	Ebat	Teknik Özelliği	Seri No	Lastik TKPH @ 38C*
1				S3L000505	
2				S3L000150	
3	Bridgestone	3600R51	VRLSA E3A	S3L001012	927
4				S3L000503	
5				S3L001011	
6				S3L000683	

\*TKPH: Saatteki yapılan maks. işin ton-kilometre olarak ifadesidir

##### *İş Makinesi:*

Deneysel çalışmalarda Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi müdürlüğüne ait Komatsu marka 630 ES Haulpak model 154 ton kapasiteli, maks. yüklü ağırlığı 285 ton olan kaya kamyonu kullanılmıştır. Maden sahasında kaya kütlelerinin taşınmasında kullanılan iş makinesi Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan iş makinesi

***Lastik İçi Basınç ve Sıcaklık Algılayıcıları:***

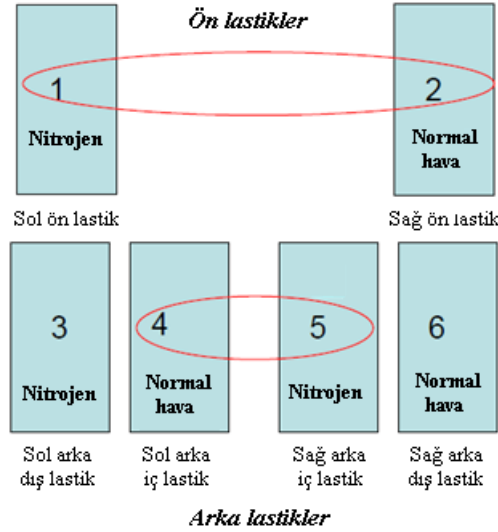
Lastik basınç ve sıcaklığının tespiti için AVE marka sıcaklık/basınç algılayıcıları ve verilerin okunduğu kontrol ekranı kullanılmıştır. Lastiğin içine yerleştirilen algılayıcılardan belirlenen aralıklarda basınç ve sıcaklık değerleri okunmuştur. Algılayıcıların lastiklerin iç kısmına yapıştırılabilmesi için 6 adet kauçuk yama hazırlamıştır. Şekil 3’de iş makinesi lastiklerine basınç-sıcaklık algılayıcıların montajı adım adım gösterilmiştir.



Şekil 3. a. İş makinesi lastiği b. Basınç-Sıcaklık algılayıcıların yerleştirildiği kauçuk yama. c. Yamanın lastiğe montajı d. Lastiğin janta montajı

### 3.2. Metot

Algılayıcıların yerleştirildiği lastikler iş makinesine monte edildikten sonra basınç-sıcaklık değerleri karşılaştırılmasının doğru ve hassas yapılabilmesi için Şekil 4’te belirtildiği üzere lastiklerin üç adedine nitrojen gazı diğer üçüne de hava doldurulmuştur. Lastiklere ait basınç - sıcaklık verileri yaklaşık 3 aylık süre zarfında, 670 çalışma saatinde 37 adet ölçüm yapılarak elde edilmiştir. Lastik basınçları iş makinesinin çalışmadığı zaman aralıklarında soğuk ölçüm şeklinde, lastik sıcaklıkları ise iş makinesi çalışırken anlık sıcak ölçüm şeklinde ölçülmüştür.



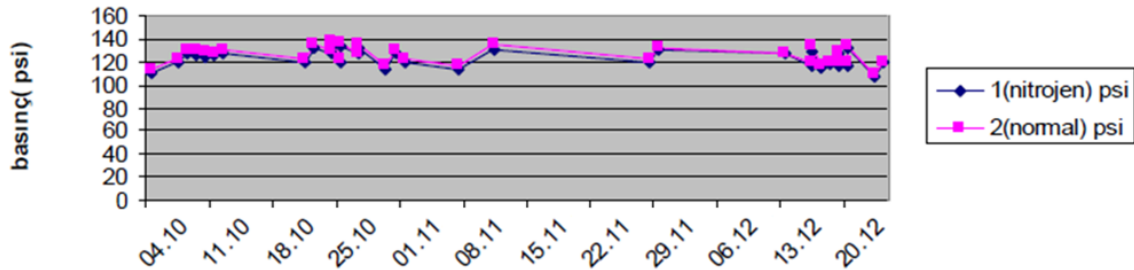
Şekil 4. Lastiklerin iş makine üzerindeki dağılımı

## 4. Bulgular ve Tartışma

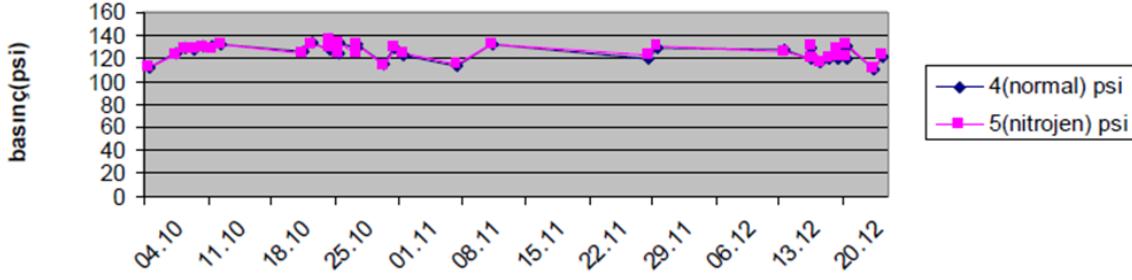
Nitrojen ve havanın lastiklerin basınç ve sıcaklıkları üzerindeki etkisinin daha hassas ölçülebilmesi için bu iki gazın kıyaslanması benzer konumdaki lastikler arasında yapılmıştır. Buna göre ön lastikler kendi aralarında, arka lastikler ise sol arka iç - sağ arka iç ve sol arka dış - sağ arka dış olarak kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

### 4.1. Basınç Değişimleri

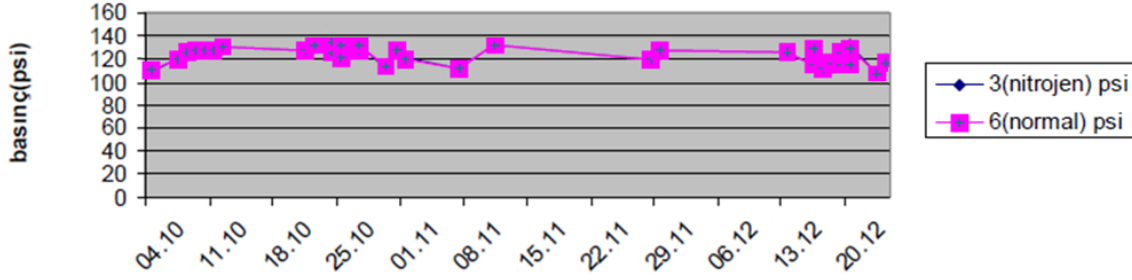
Yapılan deneylerde, lastik basınçlarının ölçümleri soğuk lastik ölçümleri olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. 1 ve 2 Nolu Lastiklerin basınç değişim grafiği



Şekil 6. 4 ve 5 Nolu Lastiklerin basınç değişim grafiği



Şekil 7. 3 ve 6 Nolu Lastiklerin basınç değişim grafiği

1 ve 2 nolu lastikler için: nitrojen ile dolu 1 nolu lastiğin basınç değerleri en yüksek 135 psi, en düşük 107 psi, ortalama 124,08 psi; normal hava ile dolu 2 nolu lastiğin basınç değerleri ise en yüksek 139 psi, en düşük 109 psi, ortalama 127 psi olarak ölçülmüştür. İki lastik arasındaki ortalama basınç farkı ile lastiklerin başlangıç basınç değerleri arasında 0,08 psi'lık oldukça küçük bir farkın oluştuğu hesaplanmıştır.

4 ve 5 nolu lastikler için: nitrojen ile dolu 5 nolu lastiğin basınç değerleri en yüksek 135 psi, en düşük 111 psi, ortalama 126,05 psi; normal hava ile dolu 4 nolu lastiğin basınç değerleri ise en yüksek 136 psi, en düşük 110 psi, ortalama 125,87 psi olarak ölçülmüştür. 1 ve 2 nolu lastiklere benzer olarak, iki lastik arasındaki ortalama basınç farkı ile ilk lastik basınç ölçüm değerleri arasında 0,19 psi'lık oldukça küçük bir farkın oluştuğu hesaplanmıştır.

3 ve 6 nolu lastikler için nitrojen ile dolu 3 nolu lastiğin basınç değerleri en yüksek 134 psi, en düşük 109 psi, ortalama 123,97 psi; normal hava ile dolu 6 nolu lastiğin basınç değerleri ise en yüksek 133 psi, en düşük 109 psi, ortalama 123,65 psi olarak ölçülmüştür. Diğer lastiklerin performanslarına paralel olarak, 4 ve 5 nolu lastikler arasındaki ortalama basınç farkı değeri ile başlangıç ölçüm değerleri arasında 0,68 psi'lık eser miktarda farkın oluştuğu görülmüştür.

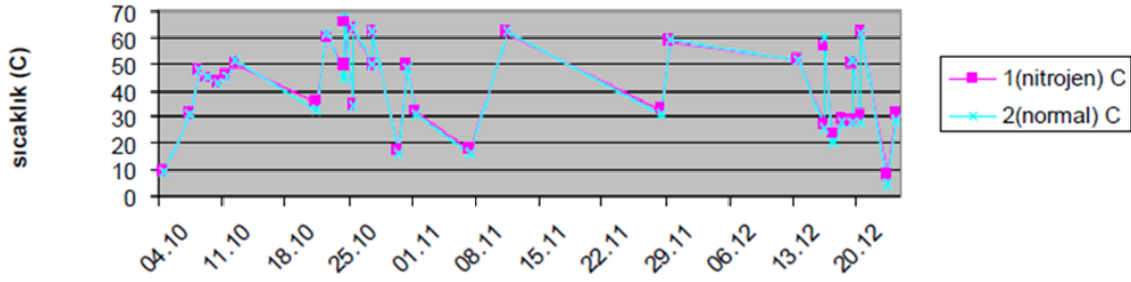
Genel olarak lastik basınçları karşılaştırıldığında, soğuk lastik hava basınç farklarının nitrojen ve hava için oldukça benzer olduğu, eş lastik basınçlarının mevsimsel sıcaklık değişimleriyle beraber yükselip beraber düştüğü görülmektedir. Benzer basınç farkları, pnömatik lastiklerde dolgu maddesi kaçaklarının nitrojen ve normal hava kullanımıyla eşdeğer oranda olduğu anlaşılmaktadır.

#### 4.2. Sıcaklık Değişimleri

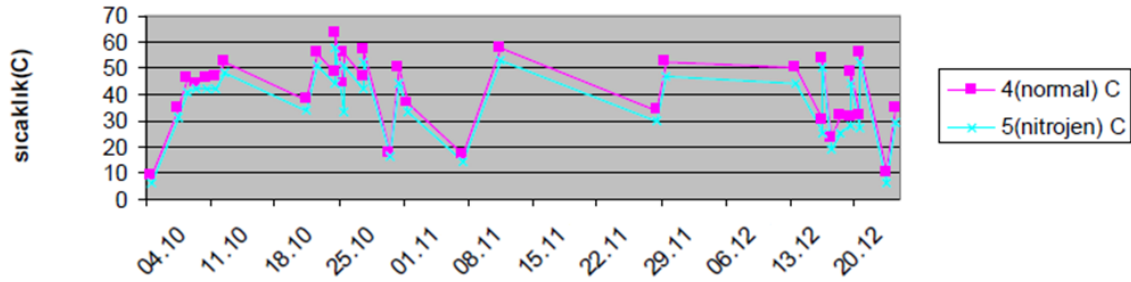
Aynı yılın Ekim ve Aralık ayları arasında gerçekleştirilen deneylerde, ortam hava sıcaklık değerleri bu zaman aralığında en yüksek 32° C en düşük ise -2° C olarak ölçülmüştür. Lastik



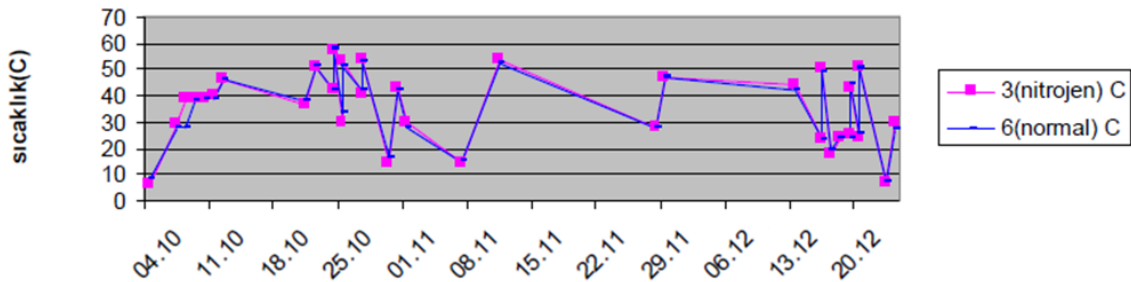
sıcaklıklarının ölçümleri, iş makinesi çalışırken yani sıcak lastik ölçümleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sıcaklık verileri Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 8. 1 ve 2 Nolu Lastiklerin sıcaklık değişim grafiği



Şekil 9. 4 ve 5 Nolu Lastiklerin sıcaklık değişim grafiği



Şekil 10. 3 ve 6 Nolu Lastiklerin sıcaklık değişim grafiği

Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10’de gösterilen sıcaklık değişim grafikleri incelendiğinde nitrojen gazı ve normal hava ile şişirilmiş lastiklerin sıcaklıkları arasında çok düşük farklar olduğu, ortam sıcaklığına bağlı olarak lastik sıcaklıklarının benzer biçimde değiştiği gözlemlenmektedir. Nitrojen ve hava ile dolu lastikler arasındaki sıcaklık farkları: 1ve 2 nolu lastikler arasında en ortalama  $0,22^{\circ}C$ , 4 ve 5 nolu lastikler arasında en fazla  $4,65^{\circ}C$ , 3 ve 6 nolu lastikler arasında ise en fazla  $0,54^{\circ}C$  olarak tespit edilmiştir. Nitrojen ve hava ile dolu lastik sıcaklıklarının birbirlerine eşit sayılabilecek değerde çıkması, iş makinelerinde nitrojen gazının lastik sıcaklıklarını soğutucu etkisinin olmadığını göstermektedir ancak iş makinelerinin düşük hızlarda hareket ettikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

## 5. Sonuç

İş makinelerinin en önemli bileşenlerinden bir tanesi olan ve oldukça yüksek maliyetlere sahip iş makinesi lastikleri, işletmelerde en temel gider kalemleri arasında yer almaktadır. Lastik ömründe yapılabilecek küçük iyileştirmeler, işletme harcamalarında önemli tasarruf sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Literatürde nitrojen gazının lastik ömrü üzerindeki etkisi genellikle nümerik olarak bilgisayar ortamında çalışılmış, deneysel olarak ise yeterince incelenerek ele alınmamıştır. Bu sebeple

çalışmamızda, TKİ'ye bağlı Eynez maden sahasında çalışan iş makinesinin pnömomatik lastiklerinde nitrojen gazı ve normal havanın dolgu maddesi olarak kullanılmasının, lastik ömrünü etkileyen önemli parametrelerden lastik basınç ve sıcaklık değerleri üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Yaklaşık 3 aylık süre sonunda elde edilen verilere göre nitrojen gazı kullanımının konvansiyonel yöntem olan normal hava kullanımına göre hem lastik basınç hem de sıcaklık değerleri üzerinde eser miktarda bir değişikliğe neden olduğu, göz ardı edilebilecek bu değişimin lastik ömründe bir artışa neden olmayacağı görülmüştür. Dolayısıyla iş makinelerinde hava yerine nitrojen kullanımının, nitrojen jeneratörü kurulumu gibi yüksek ilk yatırım maliyeti gerektirmesi ve lastik basınç-sıcaklık değerlerinde kayda değer bir değişim sağlayamaması gibi nedenlerden dolayı avantajlı bir yöntem olmadığı anlaşılmıştır. Ancak, çalışmamızın devamı olarak, nitrojen kullanımının kimyasal reaksiyon kaynaklı lastik malzemelerinde yaşlanma, deformasyon ve oksidasyon miktarlarına olan etkisi incelenmesi gereken ve literatürde eksik bulunan önemli bir konudur. Yapılacak böyle bir çalışma ile nitrojenin iş makinesi lastik ömrü üzerindeki etkisi daha detaylı ve net olarak açıklığa kavuşturulabilecektir.

## 6. Kaynaklar

- [1] Hidromek, “Kazıcı ve Yükleyici İş Makinesi (Beko Loder) Üretim Tesisi Kapasite Artışı Projesi ÇED Raporu (2013)”, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Web Sitesi*: [http://www.csb.gov.tr/db/ced/edirdosya/HIDROMEK\\_ESB\\_KAPASITE\\_%20ARTISI\\_%20CED.pdf](http://www.csb.gov.tr/db/ced/edirdosya/HIDROMEK_ESB_KAPASITE_%20ARTISI_%20CED.pdf), (Erişim: 10.04.2017), 2017.
- [2] Karataş H. R., “İş Makineleri Lastiklerinde Nitrojen Gazının Kullanılması Verimliliği” Balıkesir Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, 101s, Balıkesir, 2014.
- [3] Burt E. C., A. C. Bailey. "Load and inflation pressure effects on tires" *Trans. ASAE*, 25(4), 881-884, 1982.
- [4] Wood R. K., D. A. Mangione. "Tractive benefits of properly adjusted inflation pressures: Farmer experiences" *Applied Engineering in Agriculture*, 10(1), 13-16, 1994.
- [5] Abu-Hamdeh N. H., Al-Widyan M. I. "Effect of axle load, tire inflation pressure, and tillage system on soil physical properties and crop yield of a Jordanian soil" *Transactions of the ASAE-American Society of Agricultural Engineers*, 43(1), 13-22, 2000.
- [6] MEGEP, “Kimya Teknolojisi/Araç Lastiklerinin Tamiratl 1”, *T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Web Sitesi*: <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/AracLastiklerininTamiratl1.pdf>, (Erişim: 12.04.2017), 2017.
- [7] Baldwin, J. M., Bauer D. R., Ellwood K. R. "Effects of nitrogen inflation on tire aging and performance" *Rubber & Plastics News*, 34(4), 14-19, 2004.
- [8] Karagöz E., “Azot Gazı Dolumu ile Araç Lastiği Ömrünün Uzatılması” *III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi 4-7 Aralık*, 159-163, İzmir, 2003.
- [9] Ellwood K. R., Baldwin, J. M., Bauer D. R. “Numerical model for nitrogen tire inflation” *Tire Science and Technology*, 35(4), 300-316, 2007.
- [10] Daws John., “Nitrogen inflation for passenger car and light truck tires” *Tire Science and Technology*, 39(2), 125-160, 2011.

- [11] Venkataraman P., “Effect of Nitrogen Filling on Tire Rolling Resistance and Vehicle Fuel Economy” Clemson University, *Mechanical Engineering Dept.*, Master Thesis, South Carolina/USA, 2007.
- [12] Daws J. W., “Practical Aspects of Nitrogen Tire Inflation” *International Tire Exhibition and Conference* 21-23 September, Paper No. 13E , Cleveland/USA, 2010.