

## Lastik Çeki Performansı Araştırmalarında Kullanılabilecek Tek Tekerlek Test Düzenine Geliştirilmesi

**Şerafettin EKİNCİ, Kazım ÇARMAN**

Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya  
Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, Konya  
sekinci@selcuk.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 09.05.2012

Accepted (Kabul Tarihi): 29.06.2012

**Özet:** Tarım traktörlerinde kullanılan lastiklerin çeki mekaniği üzerindeki araştırmalarına öncülük yapabilmek için ülkemizde ilk kez kendi yürür bir çeki test düzenine dizayn edilmiş ve geliştirilmiştir. Tek tekerlek test düzenine, çevresel lastik hızı, tekerlek patinajı ve dinamik tekerlek yükünü kontrol edebilmektedir. Farklı zeminlerde denemeler yapma yeteneğinin yansıması, gelişmiş ölçüm sistemleri kullanılarak daha hassas ve doğru veriler alma imkânı sağlamıştır. Test düzenine 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım test düzenine hareket yeteneğini sağlayan traktörün üç nokta askı sistemine bağlanan çeki kısmıdır. İkinci kısım traktörün kuyruk mili çıkışına bağlı olarak çalışan hidrolik pompadan hareket alan bir hidrolik motor tarafından test tekerleğine hareket ileten yürütme sistemidir. Üçüncü kısım ise deneyler sırasında dinamik yükün test tekerleğine uygulanmasını sağlayan ve bir hidrolik silindirden oluşan yükleme sistemidir. Gerçek zamanlı olarak alınan sinyaller (5 adet kuvvet, tork, devir) monitörden görülebildiği gibi bilgisayara da kayıt edilebilmektedir. Statik kalibrasyon deneylerinde transducerler doğrusal ilişkiler göstermiş olup, korelasyon katsayıları (R) 1'e yakın bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Test düzenine, lastik, çeki performansı, patinaj

### Development of Single Wheel Tester to be Used in Tire Traction Research

**Abstract:** A traction test setup was designed and developed for leading to researches on traction mechanic of tires used in agricultural tractors. Single wheel test setup can control peripheral tire speed, wheel slip and dynamic wheel load. It provided more sensitive and accurate data acquisition by using advance measurement systems beside its ability to perform experiments on different grounds. Experimental setup was consists of three main parts. First part was tractor draw bar which was connected to three point linkage providing motion ability of test setup. Second part was driving system which was driven with a hydraulic motor connected to tail axle and transferring motion to test wheel. Third part was the loading (charging) system which was consists of a hydraulic cylinder applying dynamic load on test wheel during experiments. Signals (5 force, torque and rotation) acquired in real time can be seen in monitor while it can also be recorded to computer. Transducers in static calibration experiments exhibited linear relations while their correlation coefficients (R) were found near 1.

**Key words:** Test setup, tire, traction performance, slip

### GİRİŞ

Lastik, yol dışı taşıtlarda hareket donanımının önemli bir parçasıdır. Bu nedenle lastiklerin davranışlarının çalışılması temel bir öneme sahiptir. Araştırma sonuçları göstermiştir ki, traktör kuvvet tekerleklerine iletilen enerjinin %20-55'i işe dönüşmeden çeki elamanlarında kaybolmaktadır. Bu enerji sadece kaybolmamakta, aynı zamanda toprakta sıkışmaya neden olarak bitkisel üretim için önemli bir

problemi doğurmaktadır (Burt ve ark., 1983; Çarman ve Aydın, 2002). Taşıtların hareket donanımları ve çeşitli tip arazi yüzey şartları arasındaki etkileşimin karmaşık problemlerinden dolayı taşıt sistemlerinin daha iyi anlaşılması için yoğun araştırma çabaları mevcuttur (Yahya ve ark., 2007).

Çeki performansı ve toprak sıkışması araştırmaları için kullanılan tek tekerlek makineleri genellikle tek

lastik test düzeneği ya da tek tekerlek test düzeneği olarak bilinir. Bazı tek lastik test düzenekleri, yaklaşık olarak 2090 mm çapındaki günümüzde kullanılan büyük tarım traktörlerinin muharrik lastiklerinin testlerini yapacak büyüklüğe sahiptir. Diğer tek lastik test düzenekleri ise yaklaşık 600 mm çapa sahip bahçe traktörlerinin muharrik arka lastikleri gibi küçük ebattaki lastiklerin testleri için dizayn edilmiştir (Way, 2009).

Yol dışı araçların zemin ve lastik etkileşimlerinin performans etkilerini belirlemek amacıyla geliştirilen deney düzeneklerini 4 grup altında incelemek mümkündür.

Birinci grup laboratuvar şartlarında, deneme zemini olarak toprak kanalı kullanılan, genellikle elektrik motorlarıyla tahrik edilen ve raylar boyunca hareket kabiliyetine sahip tek tekerlek test düzenekleridir. Bu düzeneklerin sakıncaları; testlerin düşük ilerleme hızlarında ve düşük lastik kayma şartlarında gerçekleşmesinden dolayı arazi şartlarında elde edilen performans verileriyle pek örtüşmemesidir. Bu veri eksiklikleri çeki performans değerlendirilmelerinde yanlış yaklaşımlara neden olmaktadır (Upadhyaya ve Wulfsohn, 1989). Pope, 1971; Kural, 1998; Özgöz ve Okursoy, 2001; Raheman ve Singh, 2004; Elwaleed ve ark., 2006; Kawase ve ark., 2006; Tiwari ve ark., 2009 ve Yahya ve ark., 2007 tarafından toprak kanalında tek tekerlekle çalıştırılan test düzenekleri tasarlanmış ve denemelerde kullanılmıştır.

İkinci grup, Upadhyaya ve Wulfsohn, 1989; Monroe ve Burt, 1989; Shmulevich ve ark., 1996; Shmulevich ve Osetinskya, 2003; Ferhadbegović ve ark., 2005; Way ve Kishimoto, 2004; Way, 2009 tarafından; asfalt, beton, stabilize, anız tarla veya sürülmüş tarla koşullarında çeki performans deneyleri gerçekleştirebilmek amacıyla traktörden yarı bağımsız yada traktöre tam bağımlı tek tekerlek deney düzenekleri, toprak kanalında gerçekleştirilen deneylerin olumsuzluklarını giderebilmek için tasarlanmış ve kullanılmıştır.

Çeki performans deneylerinin yapıldığı diğer bir deney düzeneği ise çeki arabası ile performans testleridir. Çekici traktöre bağlanan çeki arabası ile traktör frenlenmeye zorlanmakta ve bu şekilde çeki kuvvetleri ve patinaj değerleri belirlenmektedir. Örnek olarak Sümer, 2005; Küçüksarıyıldız, 2006; Kurjenluoma ve ark., 2009 verilebilir. Çeki performans karakteristiklerini belirlemenin diğer bir yöntemi ise çekici traktör ve yükleme traktörü olmak üzere 2 traktörle yapılan denemelerdir. Örneğin Burt ve ark., (1983); Lee ve Kim (1997) bunlardan ikisidir.

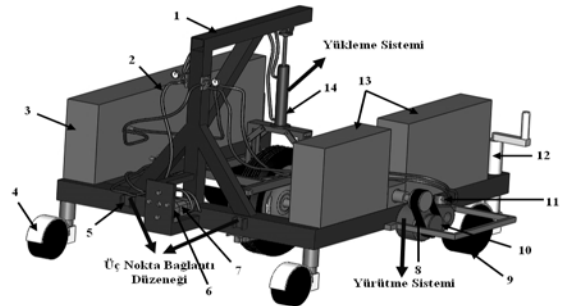
Günümüzde, bahçe traktörleri gibi küçük yapıdaki traktörlerin tekerlek hızı ve patinaj şartlarındaki, lastik çeki performansı hakkında çok az bilgi vardır. Bu nedenle, bu şartlar altında yeterli veri oluşturmak için yeni bir test düzeneği tasarlanmıştır. Bir traktöre bindirilmiş, bu Tek Tekerlek Test Düzeneği (TTTD) ile; iki farklı lastik tipinin, üç farklı lastik profil yüksekliğinin, üç aks yükü ve üç farklı lastik hava basıncının farklı zemin koşullarındaki çeki performansları belirlenmeye çalışılmıştır (Ekinci, 2011).

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Tek Tekerlek Test Düzeneği

Bu çalışmada, ülkemizde ilk kez tarafımızdan, tek tekerlek testinde kullanılabilecek bir çekme düzeneği tasarlanıp imal edilmiştir. Bu düzenek çevresel lastik hızı, tekerlek patinajı ve dinamik tekerlek yükünü kontrol edebilmek için yeterli kapasiteye sahiptir.

Test düzeneği 3 ana kısımdan oluşmaktadır (Şekil 1). Birinci kısım test düzeneğinin hareket yeteneğini sağlayan ve deneyde kullanılacak traktörün üç nokta askı sistemine bağlanan çeki kısmıdır. İkinci kısım traktörün kuyruk mili çıkışına bağlı olarak çalışan hidrolik pompadan hareket alan bir hidrolik motor tarafından test tekerleğine hareket ileten yürütme sistemidir. Üçüncü kısım ise deneyler sırasında dinamik yükün test tekerleğine uygulanmasını sağlayan ve bir hidrolik silindirden oluşan yükleme sistemidir.



Şekil 1. Test düzeneği

1. Yükleme çatısı, 2. Hidrolik geri dönüş hortumları, 3. Hidrolik deposu, 4. Ön destek tekerleği, 5. Üç nokta sistemi bağlantı kulağı, 6. Dişli kutusu, 7. Hidrolik pompa, 8. Zincir, 9. Arka denge tekerleği, 10. Redüktör, 11. Hidrolik motor, 12. Arka denge tekerleği yükseklik ayar kolu, 13. Beton denge ağırlıkları, 14. Hidrolik silindir

### Tek Tekerlek Test Düzeneği Çeki Kısım

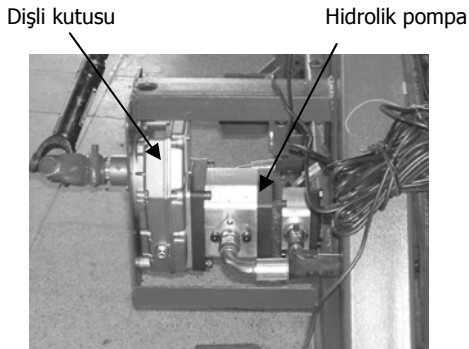
Düzenek, traktör üç nokta askı sistemine bağlanarak, çeki arabasını (traktörü) simetri ekseninde itebilme özelliğine sahiptir. Şekil 2'de üç nokta askı sisteminin düzeneğe bağlantısı görülmektedir.



Şekil 2. Üç nokta askı sisteminin düzeneğe bağlantısı

### Tek Tekerlek Test Düzeneği Yürütme Sistemi

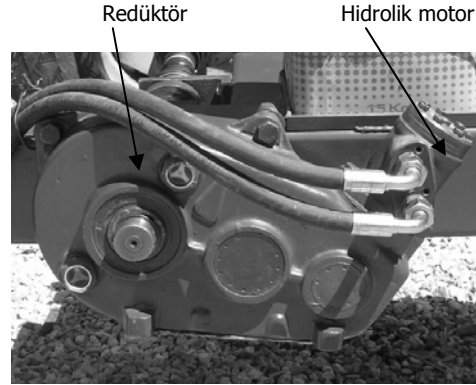
Tekerlek için gerekli güç, bir hidrolik pompa ve motor vasıtasıyla sağlanmaktadır (Şekil 3). Tek tekerlek deney düzeneğinde traktör kuyruk milinden alınan 540 d/d dönme hareketi  $i=1/3$ 'lük bir dişli kutusu ile 1500 d/d'lık bir dönme hareketi elde edilerek Caproni marka (30C32x198-20C4.5x201) hidrolik pompayı (1500 d/d'da 25000 kPa basınç) ve pompadan alınan hareket ise M+S MP050 marka hidrolik motoru (50 cm<sup>3</sup>/d, 900 d/d'da 100 Nm tork) hareketlendirmektedir.



Şekil 3. Hidrolik pompa ve dişli kutusu

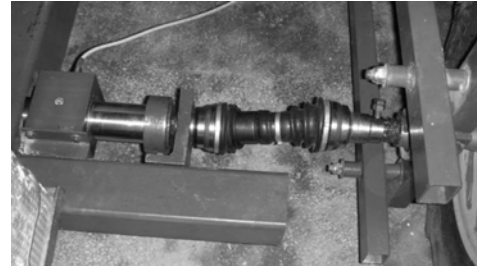
Hidrolik motor test tekerleğini tahrik etmektedir. Test tekerleğinin ilerleme hızının kontrolü için hidrolik motordan alınan hareket  $i=30$ 'lük bir redüktörle devir düşürülmektedir (Şekil 4). Redüktör çıkışında tekerlek aksına giriş torkunun belirlenebilmesi amacıyla bir

torkmetre (ETH DRFL-VII marka 3000 Nm kapasiteli) kullanılmıştır (Şekil 5). Lastiğin değişen dinamik yüklenmesine ve iç basıncındaki değişime bağlı olarak meydana gelecek defleksiyonlarla (çökme) tekerleğe hareket giriş eksenine tekerlek eksenine arasındaki düşey eksen kaçıklığının karşılanabilmesi amacıyla iki nokta arasında mafsallı şaft kullanılmıştır.



Şekil 4. Redüktör ve hidrolik motor

Torkmetre



Şekil 5. Tork ölçümünde kullanılan torkmetre

Hidrolik sistemde 300 lt'lik yağ deposu kullanılmış olup depoda 273 lt yağ (0,879 kg/lt yoğunluk ve 40°C'de 46 cSt viskozite) mevcuttur. Depoda 2 adet giriş ve 2 adet çıkış rekoru ve depo içerisinde çıkışlarda 2 adet filtre vardır. Hidrolik pompa çift kademeli olup birinci kademe yürütme sistemindeki motorun tahrik edilmesi için kullanılırken ikinci kademe yükleme sistemindeki silindiri çalıştırmaktadır. Her iki sisteminde deponun çıkış rekorlarından gelen iş akışkanının basıncı manometreli iki adet basınç ayar valfi ile kontrol edilmektedir.

Deneylerde çeki kuvvetinin ölçülmesinde tekerlek şasisine mafsallı olarak bağlı bulunan 4 adet tekerlek itme kolunun ana şasiye bağlantı noktasında yük hücreleri (Keli SQB-A marka 25 kN kapasiteli) kullanılmıştır (Şekil 6).



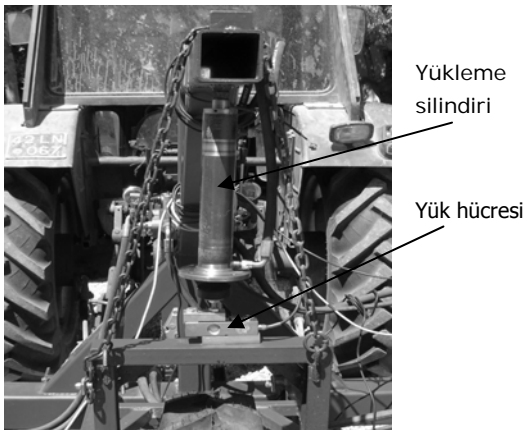
Şekil 6. İtme kuvveti ölçümlerinde kullanılan yük hücreleri

### Tek Tekerlek Test Düzeneği Yükleme Sistemi

Yükleme sistemi bir hidrolik silindir ve ayarlanabilir basınç düşürme valfinden oluşmaktadır. Belirlenen silindir 50 mm çapında ve 30 mm kurs boyunda kaynaklı özel yapım bir silindirdir. 25000 kPa basınçta 50 kN kuvvet geliştirebilme yeteneğine sahiptir.

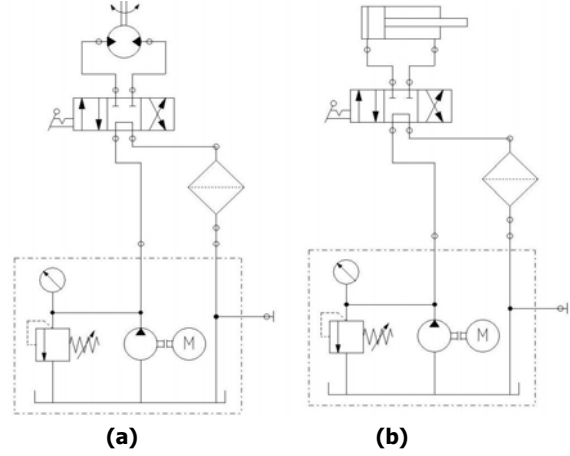
Dinamik tekerlek yükü bir hidrolik silindir bağlanarak şasiden lastiğe transfer edilmiştir ve lastik taşıyıcı şasinin üst kısmına bağlanmıştır (Şekil 7). Sekiz adet 50 kg'lık beton blok, uzayan silindir koluyla lastiğe yük sağlamak için şasiye bindirilmiştir. Şasiye ağırlık dahil edilmesiyle, test cihazı 8 kN'luk dinamik tekerlek yükü sağlayabilmektedir.

Test tekerleğinde farklı aks yüklerini sağlayabilecek yükleme sisteminde, hidrolik silindirle test tekerleği arasına yerleştirilen bir yük hücresi (Keli SQB-A marka 2.5 kN kapasiteli) sayesinde uygulanan dinamik yükler ölçülmüştür. Şekil 7'de yükleme sistemi ve yük hücrelerinin bağlantısı görülmektedir.



Şekil 7. Yükleme silindiri ve yük hücresi

Test düzeneğinin yürütme ve yükleme sisteminin hidrolik devre şemaları Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. Hidrolik devre şemaları a) Yürütme sistemi, b) Yükleme sistemi

### Tek Tekerlek Test Düzeneğinin Tasarımı ve Gerilim Analizleri

#### Deney Düzeneğinin Modellenmesi

Ana yapı kare ve dikdörtgen biçimli 4 çeşit profilden oluşmaktadır. Ana şasi 150x150x6 mm kare profilden imal edilmiştir. Yükleme ünitesini taşımak için 100x100x6 mm'lik kare profil çelik kullanılırken, yürütme sisteminin hareketini şasiye iletmede 60x40x3 mm ebatlarında 4 adet dikdörtgen profil ve tekerlek taşıyıcı olarak 50x70x7 mm ebatında U profil çelik kullanılmıştır. Öncelikle 24x8 mm ebadındaki çelik plaka traktörün üç nokta bağlantı sistemi için bağlantı bindirme kulakları ve ek parça olarak kullanılmıştır. Tüm profiller Çizelge 1'de malzeme özellikleri belirtilen S235JR yapı çeliğindedir. Düzenek kullanılmadığı zaman şasinin ön kısmını desteklemek için, şasiden yere kadar uzanan ve boyu pimlerle ayarlanabilen Ø80x600 mm ebatlarında boru ayaklar ve denge tekerlekleri ile sağlanmaktadır. Düzeneğin arka bölümünü desteklemek için 600 mm çapında bir çift küçük dolgu tekerlek kullanılmıştır.

Test düzeneğinin modellenmesi SOLIDWORKS™ 3D parametrik katı modelleme programı ile yapılmıştır. Düzeneğin en fazla yüklere maruz kaldığı kısımları yükleme sistemi profili, ana şasi ve tekerlek taşıyıcı profilidir. Bu nedenle gerilmelere maruz kalan bu kısımlar simülasyon için ayrı birer ünite olarak tekrar modellenmiştir (Ekinci ve Çarman, 2011).

**Çizelge 1. S235JR çeliğinin malzeme özellikleri**

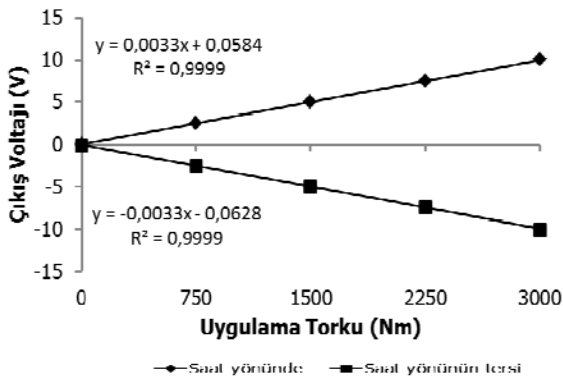
Özelliği	Değeri	Birimi
Elastikiyet modülü	210000	MPa
Kesme modülü	7900	MPa
Kütle yoğunluğu	7800	kg/m <sup>3</sup>
Çekme mukavemeti	350	MPa
Akma mukavemeti	235	MPa
Termal genişleme katsayısı	1.1	10 <sup>-5</sup> /K
Termal iletkenlik	14	W/(m·K)
Özgül ısı	440	J/(kg·K)

### Gerilim Analizlerinin Yapılışı

Çalışma şartları göz önüne alınarak yükleme sistemi deneyler için tasarlanan 6.5 kN'luk bir aks yüküne maruz kalacağı halde gerilim analizleri için 8 kN yükte analizler gerçekleştirilmiştir. Tüm gerilim analizleri COSMOSWORKS™ sonlu elemanlar programıyla gerçekleştirilmiştir. Sünek malzemelerin değerlendirilmesinde Von-Mises gerilmeleri ise iyi sonuç veren kriterlerdir (Genç, 2007). Bu nedenle kullanılan malzemenin özelliği dikkate alınarak Von-Mises kriteri seçilmiştir.

### Düzeneğin Ölçüm Elemanlarının Kalibrasyonu Torkmetrenin Kalibrasyonu

Torkmetrenin ilk kalibrasyonu Almanya'da bulunan ETH. Messtechnik GmbH. şirketi laboratuvarlarında Avrupa standartlarında yapılmıştır. Torkmetrenin çıkış gerilimi 10 V'tur. Kalibrasyon gerilimi maksimum tork için 10 V alınmış, maksimum torkun %25, %50, %75 ve %100 oranlarında yük uygulanarak kalibrasyon gerçekleştirilmiştir (Şekil 9). Kalibrasyon işlemi sonucu nominal tork için doğrusallık hatası %0,06 V elde edilmiştir.



**Şekil 9. Torkmetre kalibrasyonunun uygulama yüküne bağlı olarak çıkış gerilimi değişimi**

Kendi laboratuvarlarımızda torkmetre kalibrasyonu yapmak için 1 m moment kolu ve mekanik ağırlık uygulayıcıdan oluşan kalibrasyon düzeneği

kullanılmıştır. Mekanik ağırlık uygulayıcıya 10, 20, 30, 40 ve 50 kg ağırlık yerleştirilerek veri toplayıcıdan tork değerleri okunmuştur. Her bir ölçüm 5 kez tekrarlanmıştır. Uygulanan kuvvet ve elde edilen tork değerlerinde lineer artış elde edilmiştir (Şekil 10).

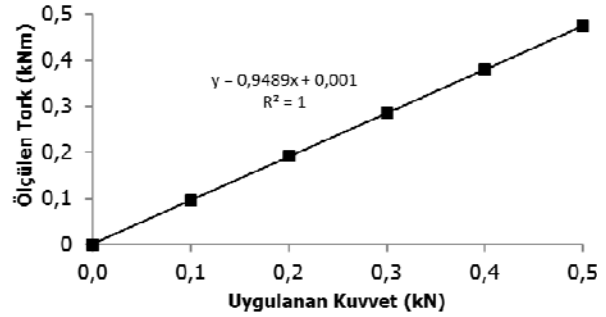
Sapma değeri;

$$Sapma(\%) = \frac{A-B}{B} \times 100 \quad (1)$$

A: Uygulanan Tork (Nm)

B: Okunan değer (Nm)

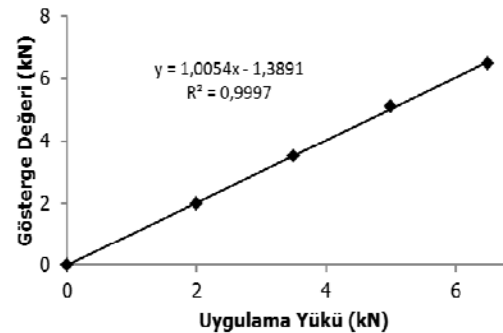
Eşitliği ile hesaplandığında %4,5 olarak elde edilmiştir.



**Şekil 10. Torkmetre kalibrasyon grafiği**

### Yük Hücrelerinin Kalibrasyonu

Yük hücrelerinin kalibrasyonu için tekerlek taşıyıcının altına kantar yerleştirilmiş ve tekerlekle birlikte taşıyıcının yüksüz ağırlığı belirlenmiştir. Daha sonra tekerlek taşıyıcı üzerindeki yük hücresine hidrolik silindir vasıtasıyla 200, 350, 500 ve 650 kg dinamik yük uygulanmıştır. Kantardan ve veri toplayıcıdan elde edilen veriler karşılaştırılarak yük hücrelerinin kalibrasyonu kontrol edilmiştir. Sapma değeri %0,49 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen kalibrasyon grafiği Şekil 11'de verilmiştir.



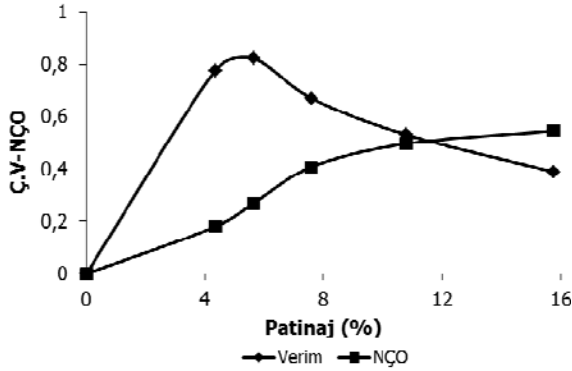
**Şekil 11. Yük hücrelerinin kalibrasyon grafiği**

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan ilk testler tek tekerlek test düzeneginin çeki performans parametrelerini ölçebilecek kabiliyette olduğunu göstermiştir. Her bir test için kaydedilen değişkenler; aks yükü, lastik iç basıncı, çeki kuvveti, lastik profil yüksekliği, zemin ve lastik türü olarak belirlenmiştir. Tasarlanan ve geliştirilen test düzenegi; çapları 1600 mm'ye kadar olan lastiklerin, en fazla 10 kN aks yükünde, maksimum 25 kN çeki kuvvetinde, en fazla 3.5 kNm torca kadar ve yaklaşık 10 km/h ilerleme hızında performans ölçümlerini yapabilecek kapasitededir.

Düzenek ile yaptığımız denemelerde maksimum %9.2 defleksiyona sahip 7.50-18 çapraz katlı ve 7.50R18 radyal lastikler kullanılmıştır. 3.5 kN'dan 6.5 kN'a kadar olan farklı aks yükleri uygulanmak suretiyle, 2.3-2.9 bar aralığındaki lastik iç basınçlarında, 3 farklı profil yüksekliğine sahip bu lastiklerle asfalt, stabilize ve anız zeminler üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Anızlı tarla toprağının penetrasyon direnci 2.74 MPa, Asfalt ve stabilize zeminin kayma direnci ise sırasıyla 85 ve 60 SRT olarak belirlenmiştir.

Şekil 12'de Tüm kombinasyonların ortalaması alınarak elde edilen net çeki oranı ve çeki verimi deneysel verilerinin patinajla değişim grafiği görülmektedir.

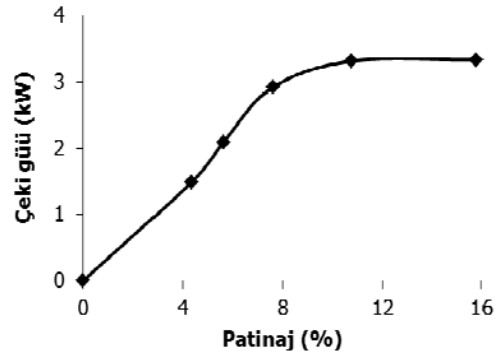


Şekil 12. Patinaja bağlı çeki verimi ve net çeki oranı değişim grafiği

Şekil 13'de ise patinaja bağlı çeki gücü değişimi görülmektedir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Günümüzde yol dışı taşıtların dizaynını yapabilmek için çeki organlarının çok iyi bilinmesi ve fonksiyonlarının anlaşılması zorunlu hale gelmiştir. Çeki performansı deneyleri, asfalt, stabilize, beton, anız veya işlenmiş tarla gibi zeminlerde, patinaj, tekerlek torqu, aks yükü, ilerleme hızı ve çeki kuvveti gibi değişkenleri ölçmek amacıyla yapılır. Geliştirilen tek tekerlek deney düzenegi, bahçe traktörlerinde kullanılan muharrik lastiklerin çeki performansının üzerine zeminin ve diğer sistem parametrelerinin etkisini belirleyebilecek yetenekte olduğu görülmüştür.



Şekil 13. Patinaja bağlı çeki gücü grafiği

Denemeler asfalt, stabilize ve anız olmak üzere 3 ayrı zemin şartlarında, 3 farklı aks yükü, 3 farklı lastik iç basıncında ve 3 farklı profil yüksekliğinde radyal ve çapraz katlı lastiklerle yapılmıştır. Tek tekerlek deney düzenegi ile yapılan lastik performans deneylerinde elde edilen veriler, literatürde belirtilen çalışmalarda kullanılan deney düzenekleri ile elde edilen verilerle karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu tek tekerlek deney düzenegi ile, tekerlek taşıyıcının daha geniş ve büyük çaplı lastikleri taşıyabilir kapasitede dizayn edilmesi nedeniyle, sadece bahçe traktör lastiklerinin değil, tarım traktör lastiklerinin ve benzeri yol dışı taşıtların lastiklerinin performans ölçümlerinin yapılmasına da uygundur.

**LİTERATÜR LİSTESİ**

- Burt, E. C., P. W. L. Lyne, P. Meiring, J. F. Keen, 1983. Balast and inflation effects on tire efficiency. *Transactions of the ASAE*, 26 (5): 1352-1354.
- Çarman, K., C. Aydın, 2002. Load and velocity effects on tire, *International Conference on Agricultural Engineering*, Budapest.
- Ekinci, Ş., 2011. Bahçe traktörlerinde kullanılan bazı muharrir lastiklerin yapısal ve işletme özelliklerinin çeki performansına etkisi Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 149.
- Ekinci, Ş., K. Çarman, 2011. Stress analysis of tractive performance test setup with finite element method. *International Scientific Conference (Unitech11)*, Gabrovo, Bulgaria: 131-135
- Elwaleed, A.K., A. Yahya, M. Zohadie, D. Ahmad, A. F. Kheiralla, 2006a. Effect of inflation pressure on motion resistance ratio of a high-lug agricultural tyre. *Journal of Terramechanics*, 43: 69-84.
- Ferhadbegović, B., C. Brinkmann, H. D. Kutzbach, 2005. Dynamic longitudinal model for agricultural tyres. *Proceedings of the 15th International Conference of the ISTVS Hayama, Japan*: 1-13.
- Geng, İ., 2007. 4 kademeli paserellanın tasarım ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 85.
- Kawase, Y., H. Nakashima, A. Oida, 2006. An indoor traction measurement system for agricultural tires. *Journal of Terramechanics*, 43: 317-327.
- Kural, H., 1998, Tarım makinalarında kullanılan 7.50-16 taşıyıcı tip lastik tekerleğin yuvarlanma direnci ve toprak sıkışmasına etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 90
- Kurjenluoma, J., L. Alakukku, J. Ahokas, 2009. Rolling resistance and rut formation by implement tyres on tilled clay soil. *Journal of Terramechanics*, 46: 267-275.
- Küçüksarıyıldız, H., 2006. Traktörlerde çeki performansı üzerine bazı faktörlerin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 39.
- Lee, D. R., K. U. Kim, 1997. Effect of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires, *Journal of Terramechanics*, 34 (3): 187-208.
- Monroe, G. E., E. C. Burt, 1989. Wide frame tractive vehicle for controlled-traffic research. *Applied Eng. in Agric.*, 5 (1): 40-43.
- Özgöz, E., R. Okursoy, 2001. Lastik tekerlekli traktörlerde lastik basıncı ile toprak sıkışıklığı arasındaki ilişkiler. 20. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, Şanlıurfa: 130-133.
- Pope, R. G., 1971. The effect of wheel speed on rolling resistance. *Journal of Terramechanics*, 8 (1): 51-58.
- Raheman, H., R. Singh, 2004. Steering forces on undriven tractor wheel. *Journal of Terramechanics*, 40: 161-178.
- Shmulevich, I., A. Osetinskya, 2003. Traction performance of a pushed/pulled drive wheel. *Journal of Terramechanics*, 40: 33-50.
- Shmulevich, I., D. Ronai, D. Wolf, 1996. A new field single wheel tester. *Journal of Terramechanics*, 33 (3): 133-141.
- Sümer, S. K., 2005. Değişik lastik ve tekerlek düzenlemelerinin traktör çeki verimine etkileri üzerinde bir araştırma, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 162.
- Tiwari, V. K., K. P. Pandey, A. K. Sharma, 2009. Development of a tyre traction testing facility. *Journal of Terramechanics*, 46: 293-298.
- Upadhyaya, S. K., D. Wulfsohn, 1989. An overview of traction research at University of California. *Davis, California Agriculture*, March-April: 15-17.
- Way, T. R., 2009. Three single wheel machines for traction and soil compaction research. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, 11: 1-24.
- Way, T. R., T. Kishimoto, 2004. Interface pressures of a tractor drive tyre on structured and loose soils. *Biosystems Engineering*, 87 (3): 375-386.
- Yahya, A., M. Zohadie, D. Ahmad, A.K. Elwaleed, A.F. Kheiralla, 2007. UPM indoor tyre traction testing facility. *Journal of Terramechanics* 44: 293-301