



**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İKİ DİNGİLLİ TARIM ARABASININ
TRAKTÖRLE KOMBİNASYONUNDA
FRENLEME ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hakan AYKAN

YÜKSEK LİSANS

**Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı**

**Aralık-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Hakan AYKAN tarafından hazırlanan “İki Dingilli Tarım Arabasının Traktörle Kombinasyonunda Frenleme Etkinliğinin Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 23/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

.....

Danışman

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

.....

Üye

Doç. Dr. Şerafettin EKİNCİ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali Serhat ERSOYOĞLU

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Hakan AYKAN

Tarih: 23.12.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İKİ DİNGİLLİ TARIM ARABASININ TRAKTÖRLE KOMBİNASYONUNDA FRENLEME ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hakan AYKAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2021, 67 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Doç. Dr. Şerafettin EKİNCİ
Dr. Öğr. Üyesi Ali Serhat ERSOYOĞLU

Günümüzde traktör tarım arabası kombinasyonunun hızının artması nedeni ile kullanılan çarpma etkili fren sistemlerinin yerini hızla hidrolik fren sistemleri almaktadır. Ülkemizde çarpma etkili fren sistemine sahip tarım arabalarında frenleme momenti ve frenleme ivmesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. İki aksta dört tekerle etki eden hidrolik fren sistemine sahip tarım arabalarının frenleme ivmesi ve frenleme momenti ile ilgili bir çalışma yoktur. Bu tez çalışmasında hidrolik fren tertibatına sahip tarım arabası ile traktör kombinasyonunun frenleme etkinliği deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada statik frenleme etkinliği teorik olarak hesaplanmış, daha sonra deneysel yöntemle statik ve dinamik olarak frenleme etkinlikleri belirlenmiştir. Frenleme ivmesi tespit edilirken 2100 kg ağırlığındaki tarım arabasının yüklenmediği durum, 4200, 6000 ve 7800 (%70, 100, 130 yüklü) kg yüklendiği durumlar incelenmiştir. Belirlenen yükleme oranlarının her biri için tarım arabası ile traktör kombinasyonunun 25 km/s'lik ilerleme hızında frenleme yapılmıştır. Denemeler asfalt ve stabilize yol şartlarında gerçekleştirilmiştir. Frenleme ivmesi değerleri deneysel olarak tespit edilmiştir. Frenlemelerde tarım arabasının fren sisteminin olmaması, ön dingil frenli olması, arka dingil frenli olması, çift dingil frenli olması durumları da incelenmiştir. Ayrıca frenleme esnası sırasında makaslama olayının oluşup oluşmadığı gözlemlenmiştir. Deneysel sonuçlara göre tarım arabasında her iki dingilde frenleme yapılması stratejisinin en iyi frenleme ivmesi değerini verdiği ve en az makaslama yolu açtığı tespit edilmiştir. Frenleme ivmesi değerleri 2.15 ile 5.11 m/s² arasında değişmiştir. En tehlikeli makaslama durumu tarım arabasında frenleme yapılmadığında ve %130 yükleme durumunda görülmüştür. Ayrıca bulunan sonuçların TS 585'e uygunluğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Frenleme dingil sayısı, römork, tarım traktörü, TS 585.

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

EVALUATION OF BRAKING EFFECTIVENESS IN COMBINATION OF TRACTOR AND TWO AXLE TRAILER

Hakan AYKAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN AGRICULTURAL MACHINERY**

Advisor: Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

2021, 67 Pages

Jury

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

Assoc. Prof. Dr. Şerafettin EKİNCİ

Assic. Prof. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU

Today, hydraulic braking systems are taking place of impact braking systems rapidly, due to the increasing travel speed of agricultural tractor trailer combination. There are studies on braking moment and braking deceleration of agricultural trailers with impact braking systems in our country. No work has been encountered on braking moment and braking deceleration of agricultural trailers with hydraulic braking systems acting on two axles and four wheels. An experimental work was conducted in the context of this thesis, by investigating braking effectiveness of agricultural tractor trailer combination with hydraulic braking equipment. Static braking effectiveness was calculated theoretically in the work, and braking effectiveness was determined dynamically. The load of the agricultural trailer having 2100 kg weight was arranged as empty, 4200, 6000 and 7800 kg (70, 100, and 130% loaded) during determination of braking deceleration. Braking was done at 25 km/h travel speed of agricultural tractor trailer combination for each predetermined trailer loadings. Trials were realized on asphalt and stabilized soil road conditions. Braking deceleration values were determined experimentally. Conditions of no trailer braking, front axle trailer braking, rear axle trailer braking and double axle trailer braking were investigated during braking. Also, jack knifing phenomenon was monitored for its occurrence during braking. Two axle braking strategy was observed to give the best braking deceleration and to lead to the least jack knifing according to the experimental results. Braking deceleration values changed between 2.15 and 5.11 m/s². The most dangerous jack-knifing phenomenon was observed for no trailer braking strategy and maximum loading value. Additionally, convenience of the findings according to TS EN 585 was evaluated.

Keywords: Braking axle number, trailer, agricultural tractor, TS EN 585.

ÖNSÖZ

Tarım traktörleri ve arabaları ekonomimiz için çok önemli olan tarım sektörünün önemli bileşenleridir. Bu ikili, ürünlerin toplanması ve taşınmasında nakliye süreçlerinin ilk basamağını oluşturdukları gibi, günümüzde artan kapasiteleri ve hızlarıyla bazen nakliye sürecinin tamamında kullanılmaktadırlar. Güvenlik açısından tarımsal traktör ve araba çiftinin frenleme ivmelerinin mevcut teknoloji ışığında incelenmesi ve bildirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada elde edilen bulguların bahsedilen amaca katkı sağlaması umulmaktadır.

Çalışmalarında akademik birikimi ile bana yol gösteren, danışmanım Prof. Dr. Kazım ÇARMAN'a; deneysel çalışmalarda bana yardımcı olan Öğr. Gör. Ergün ÇİTİL'e ve Uzman Hasan KIRILMAZ'a; tez yazımında bana yardımcı olan Doç. Dr. Şerafettin EKİNCİ ile Dr. Eyüb CANLI'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca dualarını eksik etmeyen annem Fatma AYKAN'a her zaman yanımda olan kardeşlerim Gülşen SEYİTOĞULLARI ve Sibel AYKAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Hakan AYKAN
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Frenler	3
1.1.1. Frenlemeye etki eden faktörler	4
1.1.2. Taşıtın durma mesafesi ve frenleme işleminin analizi.....	5
1.1.3. Frenleme anında tekerlek ve zemin arasında oluşan kuvvetler	7
1.2. Fren Çeşitleri.....	10
1.2.1. Kuvvet uygulama şekline göre fren sisteminin çeşitleri	10
1.2.2. Frenleme elemanına göre fren sisteminin çeşitleri	14
1.3. Tarım Traktörleri	14
1.4. Tarım Arabaları.....	16
1.5. Traktör ve Tarım Arabalarının Fren Tertibatları	17
1.6. Tarım Traktörlerinin Yol Şartları	18
1.7. Traktör ve Traktör Tarım Arabası Kombinasyonunun İş Kazalarındaki Yeri.....	19
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
3.1. Donanım.....	38
3.2. İnceleme Süreci.....	41
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
5.1 Sonuçlar	57
5.2 Öneriler	58
KAYNAKLAR	60
EKLER	63
ÖZGEÇMİŞ	67

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	İvme	(m/s ²)
A	Kayma açısı	(°)
A	Alan	(m ²)
Δ	Fark	
F	Kuvvet	(N)
I	Kamber açısı	(°)
m	Kütle	(m)
M	Moment	(N·m)
M	Tutunma katsayısı	
P	Basınç	(Pa)
R	Yarıçap	(m)
T	Zaman	(sn)
X	Koordinat sistemi yönü	
V	İlerleme hızı	(m/s)
W	Ağırlık	(N)
Y	Koordinat sistemi yönü	
Z	Koordinat sistemi yönü	

Alt indisler

D	Bir tekerleğin en küçük frenleme momenti	(kgf·m)
et	Etkin / Teker başına düşen	
K	Kombinasyon	
ta	Tarım Arabası	
tr	Traktör	

Kısaltmalar

ABS	Kilitlemeye karşı fren sistemi (Anti-lock Brake System)
KO	Tarım traktörü ve arabası kombinasyonu
TA	Tarım arabası
TR	Traktör

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimin artan etkinliğinin baş aktörleri arasında tarımsal mekanizasyon yatmaktadır. Tarımsal mekanizasyonun temel güç kaynağı ise tarımsal traktörlerdir. Traktör kelime anlamı bakımından çekici anlamına gelmektedir. Fakat kamyonlar gibi araçlardaki ticari çekicilerden farklı olarak tarımsal traktörler, tarım alanlarının ve bu alanlar ile yaşam alanları arasındaki bağlantıların özel şartlarına uyumlu hale getirilmiş özel araçlardır. Tarımsal traktörler çekici işlevlerinin yanında mekanik hareket üreterek diğer tarım makinelerine de güç kaynağı vazifesi görmektedirler.

Tarım traktörleri ile kullanılan donanımlardan biri de tarım arabalarıdır. Tarım arabaları, tarımsal ürünlerin tarım alanlarından depolara veya işlenecekleri alanlara taşınmasında kullanılmaktadırlar. Dolayısıyla tarımsal traktör ve tarım arabası çifti, traktörlerin işlevini taşımacılığa da kaydırmaktadır. Günümüzde tarımsal traktörlerin gelişen kapasiteleri ve hızları, iyileşen yol şartları, değişen standartlar ve kanuni düzenlemeler nedeniyle tarımsal arabaların da tasarımları değişmektedir. Tarımsal arabalar daha fazla yük ve hacim taşıyabilecek şekilde büyümekte, yol donanımları iyileştirilmekte ve fren tertibatları geliştirilmektedir.

Son yıllarda, tarımsal traktörlerin ilerleme hızlarındaki artışlara paralel olarak hem ülkemizde hem de Avrupa Birliği ülkelerinde tarım traktörlerinin tip onay yönetmeliklerinde değişiklikler yapılmıştır. Traktörlerin ilerleme hız kapasitelerinin artışına bağlı olarak traktör üzerindeki birçok donanımda da değişikliğe gidilmiştir. Bunlardan biri ve belki de en önemlisi frenleme sistemleridir.

14 Ağustos 2014'te Resmî Gazete'de yayınlanan bir yönetmelikte “*Madde 4 – (1) Bu Yönetmelik çerçevesinde T kategorisi, tüm tekerlekli traktörleri kapsar. Bu maddedeki iki ila sekizinci fıkralarda belirtilen her bir tekerlekli traktör kategorisinin sonuna, tasarım hızına göre aşağıdaki ‘a’ veya ‘b’ işareti eklenir. a) Azami tasarım hızı 40 km/saate eşit veya 40 km/s düşük olan tekerlekli traktörler için ‘a’; b) Azami tasarım hızı 40 km/s üzerinde olan tekerlekli traktörler için ‘b’.*” ifadesi yer almaktadır (Anonim, 2014). Görüldüğü üzere 40 km/s ilerleme hızlarına sahip traktörler yasal mevzuatlarca da dikkate alınmaktadır. Ülkemizde tarım römorklarına ait standarttın (TSE, 2015) daha eski sürümüne göre -2.5 m/s^2 olan seyir frenleme ivmesinin en az -3.5 m/s^2 ‘ye çıkarılması ibaresini içermektedir. Standarttaki bu düzenleme de tarım traktörü ve arabası çiftinin taşımacılıkta hızının arttığına dair bir göstergedir.

Türkiye’de 2019 yılında 29,539 adet traktör üretildiği, Bu üretimin 16,968 adeti ihraç edildiği ve 6,472 adet traktörün ise ithal edildiği görülmektedir (Anonim, 2019). Traktör ve tarım römorku parkı dikkate alındığında, güç kaynağı olan traktörün 1,275,222 adet ve tarım römorku sayısının ise 1.200.815 adet olduğu görülmektedir (Anonim, 2021). Bu veriler, ülkemizde her bir traktöre yaklaşık bir tarım römorku düştüğünü ve traktör tarım arabası çiftinin taşımacılık için önemli bir potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Tarım arabaları çiftçiler tarafından yük ve her ne kadar yasaklanmışsa da işçi taşımak amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye’de inşaat ve maden sektöründen sonra en fazla ölümlü iş kazası tarım sektöründe yaşanmaktadır. Alçayır (2018)’in yaptığı bir bölgesel çalışmada, tarım sektöründe yaşanan iş kazalarının %41.9’u traktörle gerçekleşen kazalardır. Bunu %20.9 oranla tarım arabası ile gerçekleşen kazalar izlemektedir. Tarım arabalarında insan taşımacılığı da yapıldığı için ölümle sonuçlanan kazaların büyük bir kısmı tarım arabası traktör kombinasyonunun karıştığı kazalardır.

Avrupa Birliği Sağlık Güvenlik Komitesi (HSC)’nin yayınladığı bir raporda, tarım sektöründe sekiz yıllık bir zaman aralığında gerçekleşen kazaların yaklaşık %50’si traktör kazaları şeklinde gerçekleştiği ve traktör kazalarının sektördeki ölümcül kazaların 1/3’üne neden olduğu tespit edilmiştir (Trichopoulos ve ark., 2004). Hindistan’da, tarım sektöründe gerçekleşen kazaların %46’sının traktör kaynaklı olduğu ve kazaya karışanların yaklaşık %43’ünün yaşamını yitirdiği tespit edilmiştir (Tiwari ve ark., 2002).

Tarım sektöründe kullanılan traktörler, diğer taşıtlardan farklı özelliklere sahiptirler. Güvenliği arttıracak bazı geliştirmeler yapılmasına ve yeni kurallar getirilmesine rağmen sektördeki kazalarda traktörler ilk sıradaki yerini muhafaza etmektedir. Amerika ve Avrupa ülkelerinde traktör kazalarının azaltılabilmesi için yoğun uğraşlar verilmekte araştırmalar yürütülmektedir.

Traktörlerin gücünde ve traktör-tarım arabası hızındaki artış, tarım arabası fren sisteminde yenilikler gerektirmekte ve tarım arabası ile traktörün eş çalışma performanslarını önemli oranda etkilemektedir. Yapılan okumalarda, özellikle traktör ile iki dingilli hidrolik fren sistemine sahip tarım arabasının frenleme etkinlikleriyle ilgili bilimsel çalışma bulunamamıştır. Tarım arabalarının frenleme ivmelerinin 2.5m/s^2 ’den 3.5m/s^2 ’ye artırılmasıyla günümüzde tarım arabalarında çarpma etkili fren sistemlerinin yerini hidrolik etkili sistemler almıştır.

Literatür taramasında da gösterileceği üzere, yapılan taramalarda tarım traktörü ve arabası çiftinin standartlara ve yasal düzenlemelere uyumluluğunu; çeşitli fren tertibatlarının ve stratejilerinin değerlendirmesini, mevcut ve güncel durumun tespitini sunan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, günümüzde traktör hızlarının artışına bağlı olarak, iki dingilli tarım arabalarının fren sistemlerinin çalışma etkinliği hakkında daha fazla bilimsel veri elde etmek ve oluşabilecek kazaları asgariye indirebilmektir. Özellikle hidrolik fren sistemine sahip tarım arabaları hakkında yapılan bir bilimsel çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmada tarım arabası fren sisteminin standartlara uygun olup olmadığını belirlenmiş ve bu sayede tarım sektöründeki iş güvenliğine de katkı sağlanmıştır. Bu çalışmada, modern bir tarım traktörü ile hidrolik frenleme tertibatına sahip bir tarım arabasının çeşitli yüklemeler, frenleme stratejileri ve yol zeminlerinde fren etkinliğinin değerlendirmesi deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın içeriğine geçilmeden önce, konunun temellerine dair özet bazı bilgiler birinci bölümün devamında sunulmaktadır.

1.1. Frenler

Frenler, emniyetli bir yolculuk için taşıtta bulunan en önemli sistemlerden biridir. Taşıtın hızını azaltan ve istendiğinde durmasını sağlayan sürüş kontrol sistemine fren sistemi denilmektedir. Bu sebeple bir aracın fren sisteminden yüksek güvenilirlik ve dayanıklılık beklenmektedir. Araç, hızlı ve güvenli bir şekilde her türlü hava ve yol durumunda yavaşlama ve durabilme yeteneğine sahip olmalıdır.

Frenleme sistemleri; aracın hızında istenmeyen ivmelenmeyi engellemeli ve yavaşlamayı sağlamalı; aracı güvenli bir şekilde durdurmalı ve duran aracı yerinde tutmalıdır. Özellikle son işlev, tarım arabalarındaki fren tertibatlarının başlıca görevlerinden biridir ve park freni olarak adlandırılmaktadır. Tarım arabaları yüklendiği sırada ve yüklü halde beklerken bulunduğu sathın durumuna bağlı olarak hareket eğilimine sahip olabilir. Bu durum bir iş güvenliği riski oluşturmaktadır. Bu nedenle tarım arabaları bir park freni marifetiyle sabitlenir. Bu durum aynı zamanda ve sıklıkla tarım arabalarının fren tertibatlarının traktörlerin fren tertibatlarından ayrı olmasını ve ayrıca elle frenlenmelerini gerektirmektedir. Ayrı fren tertibatları ise taşımacılıkta frenleme etkinliğini düşürmektedir çünkü ani bir durumda traktörü frenleyen operatörün aynı zamanda el freni ile tarım arabasını frenlemesi olası değildir. Bu durum tarım arabasında kullanılan fren sistemlerinin park durumunda ayrıca kullanılabilecekleri,

seyir halinde ise tek merkezden frenlenebilecekleri ve en az traktör freni kadar etkili olacakları düzenlemeleri gerektirmektedir.

Frenler, otomobillerin, ağır vasıta araçların, iş makinalarının ve tarım araçlarının yavaşlamasını, durmasını ve park halindeyken güvenli bir şekilde sabitlenmesini sağlayarak performanslarına katkı sağlarlar. Frenler aracın kendisi, yükü, bir yerden bir yere ulaştırdığı canlılar ve trafikteki her kez için hayati öneme sahiptir. Yaşanan kazalarının nedeni olarak kullanıcı hataları veya aşırı hız gösterilse de bir başka sebep de taşıtı zamanında durduramamak veya kontrol altına alamamaktır. Bu sebeple bir aracın frenlerinden maksimum güvenilirlik ve dayanıklılık istenilmektedir. Frenlerin yol güvenliği için çok önemli olması sebebi ile her geçen gün daha fazla önemiyet verilmekte ve geliştirme çalışmaları artmaktadır. Güçlendirici ve kontrol edici yardımcı üniteler fren sistemine eklenerek frenlemenin daha etkin ve daha emniyetli olması sağlanmaktadır. Taşıtlarda yaptığı iş türüne göre birçok fren sistemi kullanılmaktadır. Çoğunlukla kullanılan fren sistemi, mekanik fren sistemi, hidrolik fren sistemi ve havalı fren sistemleridir.

Frenleme sistemleri; aracın hızında istenmeyen artışları engellemeli ve yavaşlamayı sağlamalı, aracı emniyetli bir şekilde durdurmalı ve duran aracı yerinde tutmalıdır.

1.1.1. Frenlemeye etki eden faktörler

Taşıtlar hareketli iken bir momentuma sahiptir. Taşıtın kütlelerinden kaynaklanan ataleti, taşıt durgunken hareketlendirilmek istediğinde bir direnç oluşturur. Bu direncin aşılması için taşıta bir kuvvet uygulanır ve bu kuvvet taşıtı ivmelendirir. Taşıt sabit bir hızda ilerlerken ataletin kaynağı olan taşıt kütlesi bir momentuma sahip olur. Taşıt frenlenmek istediğinde momentumun korunumundan dolayı taşıt ataleti bu sefer taşıtın frenlenmesine direnç oluşturur. Bu nedenle bir frenleme kuvvetine ihtiyaç duyulur. Bu kuvvet taşıt tekerleri ile yol arasındaki sürtünmeden elde edilir. Sürtünme kuvvetinin elde edilebilmesi için tekerlerin taşıt ilerleme hızına göre daha yavaş dönmeye zorlanması gerekir. Fren tertibatları tekeri durmaya zorlar. Enerji korunumu açısından bu durum enerjinin dönüşümü ile açıklanabilir. Fren sistemleri, taşıtın kinetik enerjisini ısı enerjisine dönüştürerek taşıtı yavaşlatır. Taşıtın kinetik enerjisi ise taşıtın ağırlığına ve hızına bağlıdır. Taşıt kinetik enerjisi taşıtın ağırlığı ile doğrusal artarken ilerleme hızının karesi ile orantılı olarak artar. Taşıtın hızı iki misli artarsa kinetik enerji dört kat

artacaktır. Fren sisteminin taşıt ataletini yenerek aracı durdurması istenir. Bu nedenle motor gücünden fren gücünün çok daha fazla olması gerekir. Motorlu araçlarda kullanılan fren sistemi gücü motor gücünden en az 8 kat daha güçlü olmalıdır. Bu durumu bir örnekleme ile açıklayacak olursak, bir traktörün ilk hareketinden 16 saniye sonra hızı 40 km/saat'e çıkarken aynı traktör 40 km/saat hız ile giderken frenler aktif edildiği zaman 2 saniyede durabilir seviyede olmalıdır. Bu durumda traktörü durdurmak için geçen zaman, traktörü hızlandırmak için geçen zamanın 1/8'i kadardır.

Kinetik teorisinde taşıtın frenleme ivmesine neden olan fren kuvveti, fren mesafesi ve frenleme süresi kullanılarak fren gücü hesaplanabilir. Enerji teorisinde ise aynı gücün frenleme öncesi ve sonrası kinetik enerji farkının zamana bölümü aynı güce denk gelmelidir. Gerçek uygulamada aradaki fark çeşitli düzensizlikler, patinaj ve sistem verimlilik seviyeleri ile açıklanabilir.

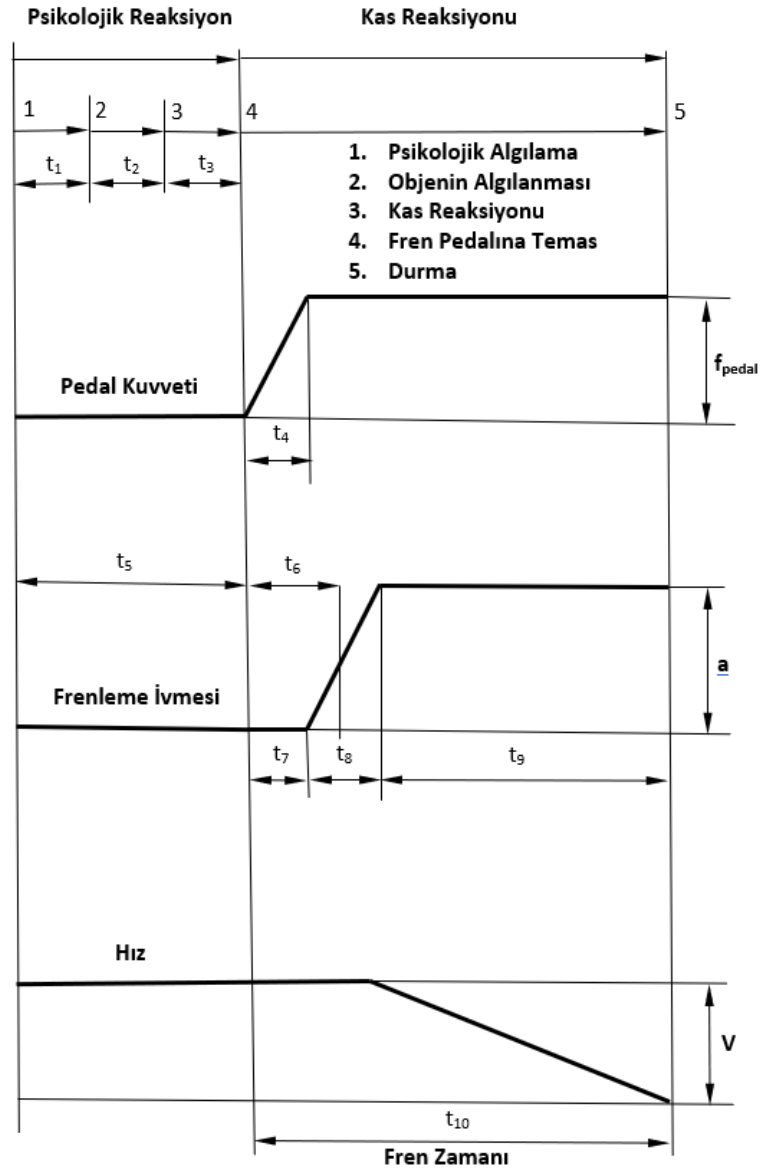
1.1.2. Taşıtın durma mesafesi ve frenleme işleminin analizi

Panik frenlemede taşıtın durması sırasında aşağıdaki zaman dilimleri oluşmaktadır.

- Tehlikenin fark edildiği an
- Sürücünün karar verme zamanı
- Sürücünün harekete geçme zamanı
- Sürücünün ayağını fren pedalına götürme zamanı
- Fren mekanizmasının çalışmaya başlama zamanı
- Fren kuvvetinin etkime zamanı
- Fren kuvvetinin işleme zamanı
- Fren kuvvetinin en yüksek safhaya ulaşma zamanı

Bütün bu zaman dilimlerinde kullanılan taşıta, yola ve lastiklerin durumuna ve fren sistemi etkinliğine göre araç durana kadar bir miktar yol almaktadır.

Başlangıcından sonuna kadar fren işlemi ve olayının şematik zaman diyagramı Şekil 1'de gösterilmiş ve devamında bu diyagramdaki zaman aralıkları değerlendirilmiştir.



Şekil 1.1. Frenleme işleminin analizi (Hoffmann, 1986)

Operatörün fren pedalına kuvvet uygulaması açısından frenleme sürecinin önemli bir bölümü operatörün reaksiyon vermesi için geçen süreden oluşmaktadır. Reaksiyon süreci diyagramda t_1 , t_2 , t_3 ile gösterilirken bu sürelerde gerçekleşen fiziksel ve zihinsel olgular sayılarla listelenip açıklanmıştır. Azami pedal kuvveti t_4 zaman aralığının sonunda elde edilmekte ve taşıt durana kadar operatör tarafından bu azami pedal kuvveti uygulanmaya devam etmektedir. Reaksiyon zamanı insan kaynaklı bir etken olduğu için teknolojik gelişmelerle aşılabilecek kadar önlenemez bir süre olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşıtın durmasına kadar kalan diğer süreler ise fren sistemi ile alakalıdır. Bu sürelerden t_5 ile t_7 arasındaki süre fren sisteminin frenleme ivmesini oluşturması sürecindeki gecikmeleridir. Hidrolik yağının veya basınçlı havaların

silindirlere dolması, fren balataları ile balataların sürtüneceği yüzeyler arasındaki mesafenin kapanması gibi süreçler bu süreleri oluşturmaktadır. Frenleme ivmesi de azami değerine ulaştıktan sonra aracın hareket hızı azalmakta ve sonuç olarak araç durmaktadır.

Teorik olarak tasarlanan ve şematik olarak çizilen frenleme zaman diyagramında dikkat çeken iki unsur, frenleme ivmesinin frenleme işinde büyük oranda sabit kalması ve frenleme işinde aracın bir miktar yol almasıdır. Bu iki unsur güvenlik için çok önemlidir ve aracın aldığı yol azaltılmak istenmektedir. Mevcut teknik imkânlarla ve ekonomik kısıtlamalarla kabul edilebilir frenleme mesafesi için frenleme ivmesi değerleri hesaplanmakta ve yasal mevzuatta kullanılmaktadır. Bununla beraber gerçek uygulamada hesaplanan ivme değeri birçok etkene bağlıdır. Bu etkenlerin en önemlilerinden biri olan tekerlek ve yol arasındaki kuvvet etkileşimleri bir sonraki alt başlıkta ele alınmaktadır.

1.1.3. Frenleme anında tekerlek ve zemin arasında oluşan kuvvetler

Genel olarak kullanılan bir eksen sisteminde tekerleğe etkiyen kuvvet ve momentler Şekil 1.2’de gösterilmiştir. Tekerleğe etkiyen üç kuvvet ve üç moment bulunmaktadır. Kuvvetler;

- Uzunlamasına kuvvet - tahrik kuvveti (F_x),
- Yanal kuvvet (F_y),
- Normal kuvvet (F_z),

Momentler ise;

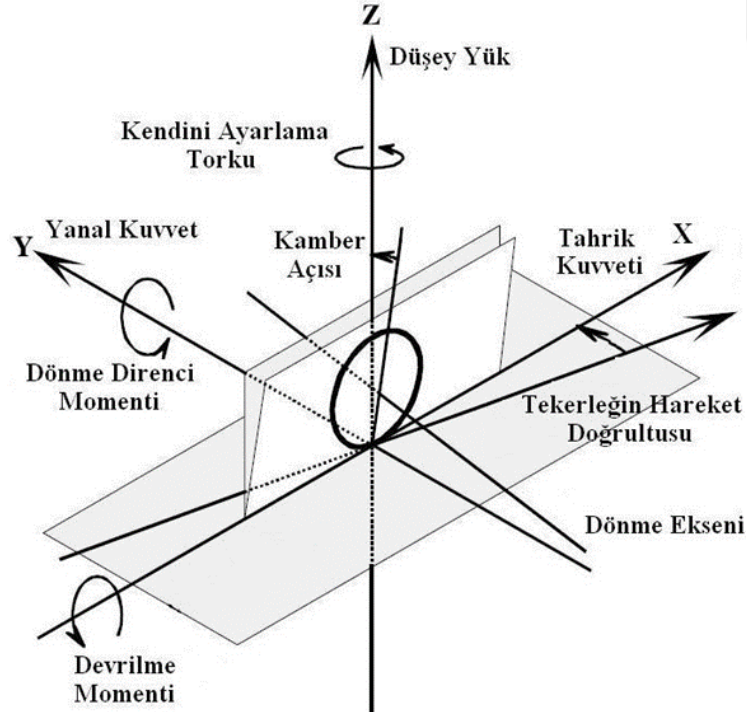
- x eksenine göre, devrilme momenti (M_x),
- y eksenine göre, yuvarlanma direnci momenti (M_y),
- z eksenine göre, ayarlama momenti (M_z)’dir.

Hareket halindeki tekerlekle ilgili olarak, iki de önemli açı bulunmaktadır. Bunlar, kayma açısı ve kamber açısıdır. Kayma açısı (α), tekerlek düzleminin, yol yüzeyi ile arakesiti ve tekerleğin hareket doğrultusu arasındaki açıdır. Kamber açısı (γ) ise, Şekil 1.2’deki şematik gösterime göre x-z düzlemi ile tekerlek düzlemi arasındaki açıdır. Lastiğin geliştirdiği yanal kuvvet, bu iki açının fonksiyonudur (Takahashi ve ark., 2004).

Tekerlekle zemin arasındaki sürtünmenin bir fonksiyonu olan tutunma katsayısı birçok fiziksel parametre ile ilişkili olup kullanım durumlarına göre büyük değişiklikler

göstermektedir. Örneklendirmek gerekirse bu katsayı yolun; toprak, asfalt ya da beton olmasına, ıslaklığına kuru oluşuna veya yağlı olmasına, lastiğin tasarımına ve aracın hızına göre değişiklik göstermektedir. Tutunma katsayısı (μ) ne kadar büyük olursa frenleme kuvveti ve dolayısıyla etkinliği de o kadar artmaktadır. Bu sebeplerden dolayı her ne kadar traktörler beton ve asfalt ortamlarda çok fazla kullanılmıyorsa da frenleri iyileştirmek için en kötü durumu düşünmekte yarar vardır.

Lastik rijit zemin üzerinde yuvarlanmaya başladığı zaman, lastiğin karkas yapısı zemin ile temas ettiği alanda şekil değiştirir. Bu şekil değiştirmenin neticesi lastiğin hareket yönündeki normal basınç, diğer taraftaki basınçtan daha yüksek olur. Yani basınç merkezi lastik ekseninden hareket yönüne doğru bir miktar yer değiştirir. Bu değişiklik lastik eksenine göre bir moment oluşturur, bu momente yuvarlanma direnci momenti ismi verilir. Serbestçe yuvarlanan bir lastik düşündüğümüzde tekerlek momenti sıfırdır ve tekerleğin denge şartının sağlanması için yer ile temas ettiği noktadan bir kuvvet etki etmek zorundadır. İşte bu yatay kuvvete yuvarlanma direnç kuvveti denir. Bu kuvvetin normal yüke oranına da yuvarlanma direnç katsayısı adı verilir.



Şekil 1.2. Tekerlek eksen sistemi (Takahashi ve ark., 2004)

Lastiklerin yuvarlanma direnci katsayıları, birçok faktörün etkisi altındadır. Bu faktörler; taşıt hızı, lastik yapısı, taç açısı, iç basıncı, kesit oranı, lastik karışımı, profil

malzemesi ve biçimi ile yol yüzeyinin durumu şeklinde özetlenebilir. Değişik yol yüzeyleri için, tipik yuvarlanma direnci katsayıları ve tutunma katsayıları, Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Yuvarlanma direnci katsayıları (Saral, 1984).

Yüzey Şekli	Yuvarlanma direnci katsayısı (f)	Tutunma katsayısı (μ)
		%15 Patinaj koşulunda
Beton, asfalt	0.02	0.8
Tarla yolu	0.05	0.7
Biçilmiş çayır, sertçe anız	0.05-0.09	0.5
Anız	0.12-0.17	0.30-0.38
Çok nemli kumlu tın	0.15-0.25	0.20-0.30
Yumuşak ve ıslak tarla	0.20-0.35	0.10-0.20

Tekerlek fren mekanizmasındaki balata ile disk-kampana arasındaki sürtünme kuvvetinin gerekli büyüklüğü belirlenirken çeşitli etkenler dikkate alınır. Bunlar tekerlek ile yol arasındaki sürtünme kuvveti, yolun eğiminden kaynaklanan kuvvet ve araç hızı gibi etkenlerdir. Taşıt hızı arttıkça fren mesafesi artar. Fren tekerlek mekanizması içindeki balata ile disk arasındaki sürtünme kuvveti taşıt üzerinde kullanılan fren mekanizmasının gücüne göre değişkenlik gösterir. Yol ile lastik arasındaki sürtünme katsayısı da frenleme etkinliğinde önemli bir parametredir. Yolun ıslak veya kaygan olmasında tekerlek yere tutunamayacağı için frenler etkin bir şekilde görevini yapamayacak ya da tekerlek yol üzerinde kayacak, bunun neticesi olarak taşıt daha uzun bir mesafede durabilecektir. Literatürde, fren tertibatındaki sürtünme kuvvetinin tekerin dönmesinin tamamen durdurduğu durum aşırı frenleme ve kilitlenme olayı olarak ele alınmaktadır. Bu durum frenleme etkinliğini düşürdüğü ve fren mesafesini arttırdığı için istenmeyen bir durumdur. Yolun eğiminin etkisi ise taşıtın yokuş tırmanması veya yokuş aşağı inmesi durumuna göre frenleme üzerine olumlu veya olumsuz etki etmektedir. Eğer araçla yokuş iniliyorsa aracın kütlelerinden kaynaklanan kuvvet taşıtın hızının artmasına neden olacağından frenlemeye karşı bir kuvvet oluşturarak fren mesafesinin artmasına sebep olur. Eğer taşıt yokuş çıkıyorsa taşıtın ağırlığının neden olduğu kuvvet bu kez taşıtı durdurmaya çalışarak frenlemeye yardımcı olacağı için taşıt daha kısa bir mesafede duracaktır. Tarım traktörü ve arabası çiftinde ayrıca tarım arabasının yükü önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarım arabasının yüklü olduğu durumda yükün miktarı, çiftin ataletini arttırmakta ve tarım arabasının fren

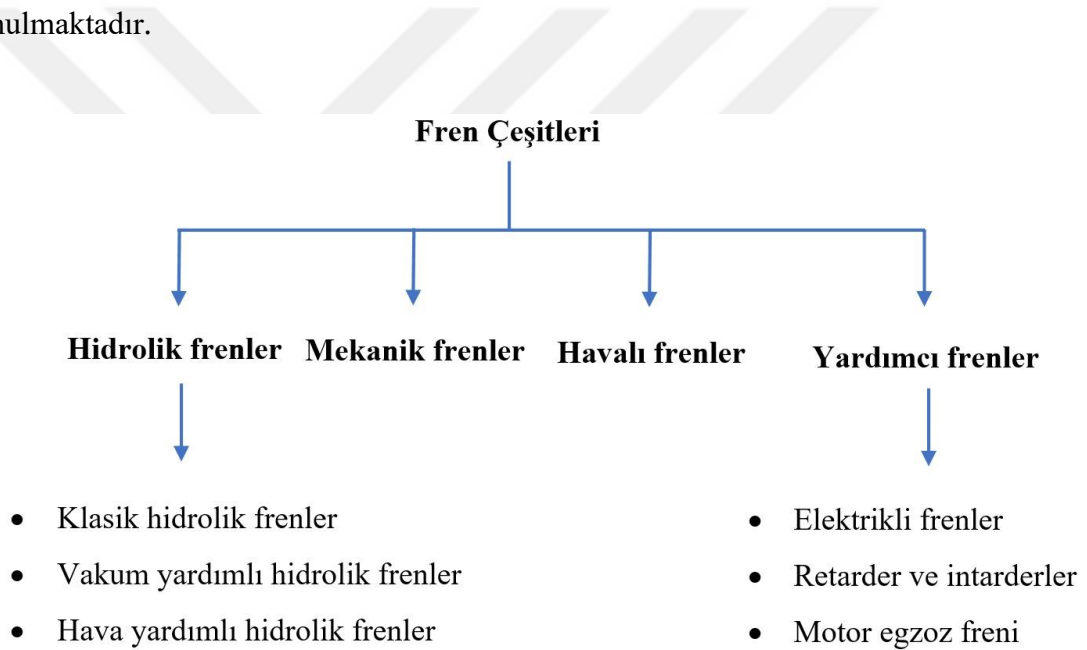
mekanizması yeteri kadar etkin değilse çiftin fren kararlılığı azalmaktadır. Makaslama olayı, yalpalama olayı ciddi risk oluşturan olaylardır.

1.2. Fren Çeşitleri

Fren sistemleri çeşitleri aşağıda kuvvet uygulama şekillerine ve mekanik sistemlerine göre iki farklı alt başlıkta ele alınmıştır.

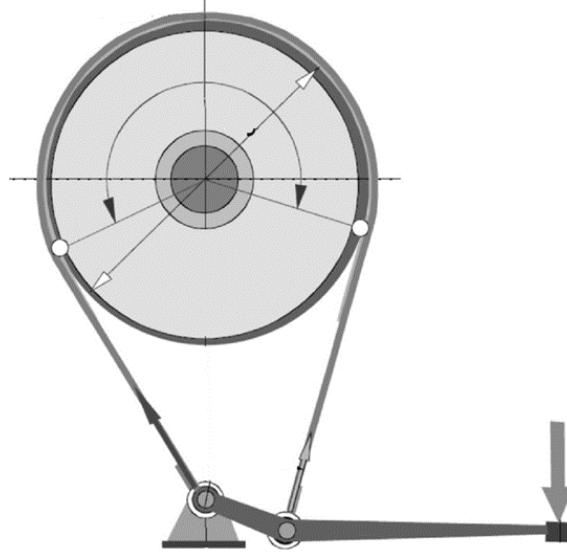
1.2.1. Kuvvet uygulama şekline göre fren sisteminin çeşitleri

Kuvvet uygulama şekline göre fren çeşitlerinin şeması Şekil 1.3'te sunulmaktadır.



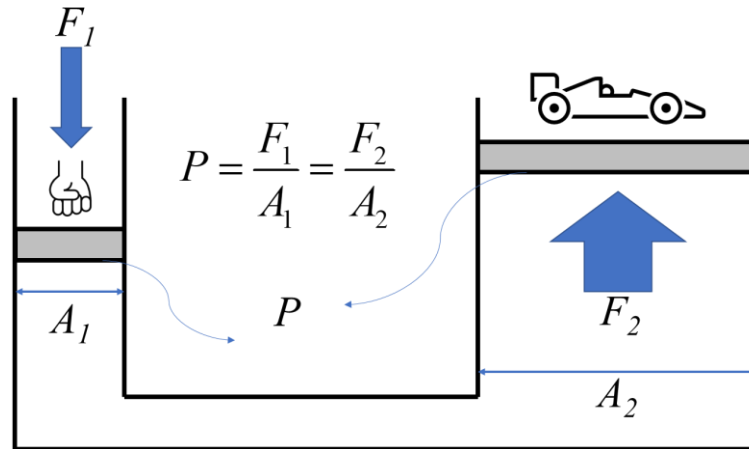
Şekil 1.3. Kuvvet uygulama şekillerine göre fren sınıflandırması

Mekanik frenlemede sürücünün kas kuvveti mekanik bağlantılarla tekerleklere iletilerek taşıt durdurulur. Özellikle taşıtların durduktan sonra tekrar kontrolsüzce hareket etmemesini sağlayan park freni mekanizmaları, tarım arabalarında kullanılan çarpma fren sistemleri, düşük güçlere sahip ya da eski model traktörlerde kullanılan fren sistemleri örnek olarak verilebilir. Şekil 1.4'te traktörlerde kullanılan çember tamburlu tip mekanik fren sisteminin şematik resmi görülmektedir.



Şekil 1.4. Çember tamburlu tip mekanik fren sistemi

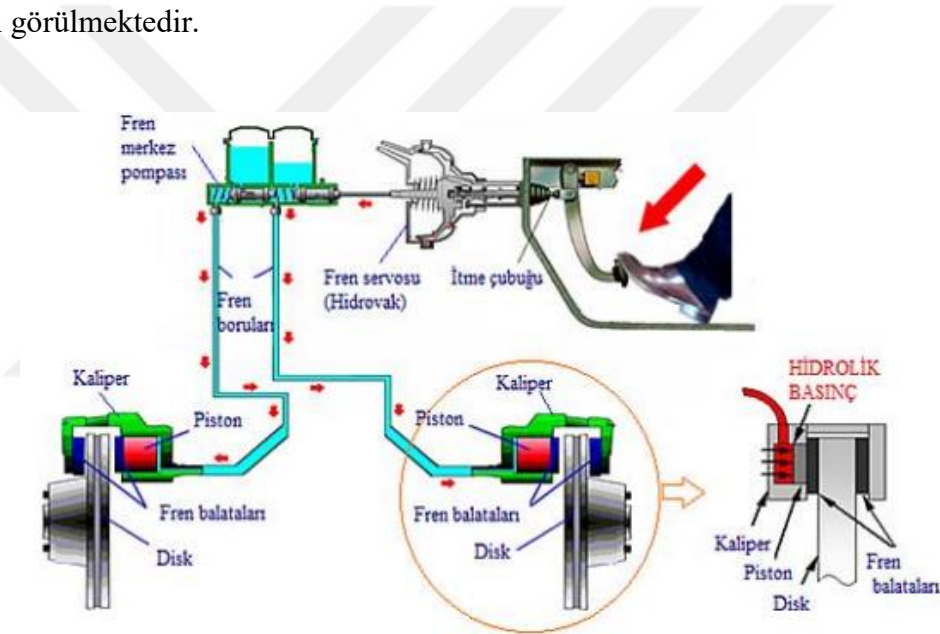
Günümüz motorlu taşıtlarının birçoğunda hidrolik tip fren sistemleri kullanılmaktadır. Hidrolik fren sistemi paskal prensibine göre tasarlanır. Bu prensibe göre sıvılar sıkıştırılmaz kabul edilir ve uygulamada da ihmal edilebilir bir sıkışma miktarı söz konusudur. Kapalı bir kaptaki sıvının herhangi bir noktasına tatbik edilen basınç, kabın şeklinden bağımsız olarak, kabın iç yüzeylerinin her noktasına sıvı vasıtasıyla aynı büyüklükte aktarılır. (Şekil 1.5). Bundan dolayı hidrolik yağlar hareketin ve kuvvetin iletiminde kullanılırlar. Bu prensipten yararlanılarak hidrolik sistemler ve hidrolik sistem yardımı ile çalışan makineler geliştirilmiştir. Bu prensibin en önemli özelliği ise sisteme uygulanan küçük bir kuvvetin büyük kuvvetlere dönüştürülebilmesidir.



Şekil 1.5. Paskal prensibinin şematik gösterimi

Hidrolik fren sistemleri 3 kısımdan oluşur. Bu kısımlar; fren pedalından fren merkez silindrine kadar olan kumanda düzeni; mekanik kuvveti hidrolik basınca dönüştürerek tekerlek silindirlerine ileten hidrolik düzen ve hidrolik basıncı mekanik kuvvet haline dönüştürerek frenlemenin oluşmasını sağlayan fren tekerlek mekanizmasıdır.

Frenleme esnasında fren pedalına uygulanan kas kuvveti pedalda itme kuvvetine neden olur. Bu kuvvet merkez silindrinin pistonunu hareket ettirir. Piston üstünde oluşan itme kuvveti sistemdeki hidrolik yağ aracılığıyla fren tekerlek silindirlerine iletilir. Fren tekerlek silindirleri hidrolik yağ basıncını fren pabucuna iletirler. Fren tekerlek mekanizmasında balata ile sürtünen yüzey arasında oluşturulan sürtünme kuvveti, aracı durdurmak üzere kullanılır. Şekil 1.6'da klasik bir hidrolik fren sisteminin şeması görülmektedir.

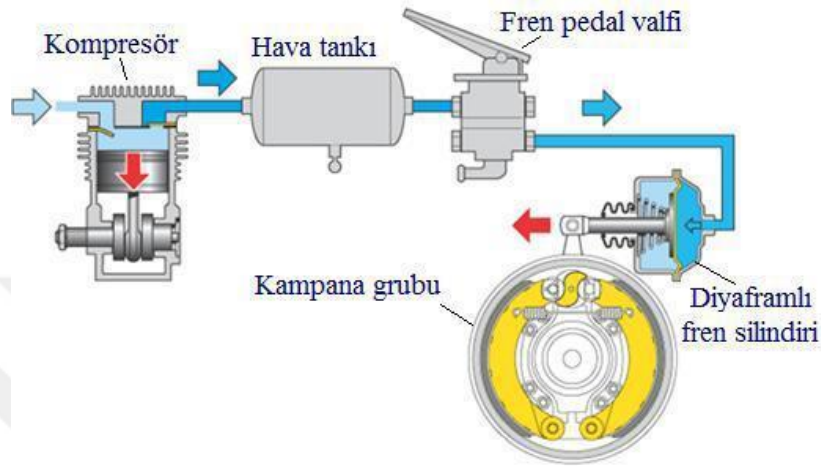


Şekil 1.6. Klasik hidrolik fren şeması

Havalı frenlerde basınçlı hava kullanmak sureti ile frenleme yapılmaktadır. Taşıt hızlarının gün geçtikçe artması ağır vasıta araçlarda büyük frenleme kuvvetlerine ihtiyaç duyulmasına sebep olmuştur. Havalı fren sistemleri, az bir kuvvet uygulanması ile en iyi fren etkinliği sağlamak üzere tasarlanmışlardır.

Motorun çalışması ile fren sisteminin hava tanklarına kompresör tarafından hava basılır. Tanklardaki havanın basıncı, basınç ayar valfi (emniyet supabı) ve kompresör basınç regülâtörünün çalışması ile kontrol altında tutulur. Basınç düşük olduğunda aracı hareket ettirmek imkânsızdır. Bu nedenle diğer fren sistemlerine göre daha emniyetlidir. Taşıtın frenine basıldığı an pedalın altında bulunan fren valfi çalışır. Basınçlı havanın

ön ve arka fren körüklerine gitmesine müsaade eder. Basınçlı havanın itme kuvvetinden yararlanarak fren pabuçlarının kampanaya doğru açılmasını ve frenleme yapılmasını sağlar. Fren pedalından ayak çekildiğinde, hava hızla boşalarak fren balatalarının kampanadan uzaklaşmasını sağlar. Böylece sistem tekrar frenleme yapılması için hazır hale gelir. Şekil 1.7’de klasik havalı frene ait şematik görsel sunulmuştur.



Şekil 1.7. Havalı fren sistemini şeması

Yardımcı fren sistemlerinden “retarder”, ağır vasıtaların emniyetli ve etkin bir şekilde hızını düşüren, yüksek verimli hidrolik veya elektrikli sistem ile çalışan, aşınmasız bir fren sistemidir. Retarder, kardan mili ile dönen rotorun hızını keserek frenleme etkisi oluşturur. Rotor ve stator arasına basılan yağ, rotorun kinetik enerjisini stator vasıtasıyla ısı enerjisine dönüştürdüğünden bu frenleme esnasında aşınma olmaz. Retarderli taşıtın balata kullanımının azalması sebebi ile kampanalar ısınmaz. Bu sayede balatalarda ve kampanalarda ani sıcaklık artışı olmaz ve bu elemanların ömrü uzar. Motor egzoz freni sisteminde egzoz manifolduna konulmuş bir klape yardımı ile çıkan egzoz gazlarının yolu kapatılarak bir direnç oluşturulur bu sayede motor devri yavaşlamaya zorlanır. Böylece araç hızını kontrol etmekte kullanılır. Bu sistem balata ve kampanaların ısınmasını önlemeye yardımcı olur ve ömürlerini uzatır. Yoğun kullanımında motor sıcaklığını artırır. Genel olarak yardımcı frenleme sistemleri, adlarından da anlaşılacağı üzere, frenleme işinin tamamını yapmak yerine fren sistemlerinin yükünü azaltma işlevi görürler.

1.2.2. Frenleme elemanına göre fren sisteminin çeşitleri

Fren sistemlerinde frenleme kuvvetini oluşturan frenleme elemanlarının çeşitleri aşağıda listelenmiştir.

- Diskli frenler
- Yağ içerisinde çalışan disk frenler
- Kuru disk frenler
- Çok diskli ve tek diskli frenler
- Kampanalı frenler
- Çember ve tamburlu fren sistemleri

Yukarıda sıralanan frenleme elemanları nispeten uzun bir uygulama geçmişine sahiptir. Dolayısıyla sanayide ve üretimde derin bir uygulama becerisi ve tecrübe söz konusudur. Tarım traktörleri ve tarım arabaları açısından bu elemanlarla alakalı mühendislik problemi, bu elemanların doğru boyutlarının seçilmesine indirgenmiş durumdadır.

1.3. Tarım Traktörleri

Tarımda geçmişte kullanılan aletler ve bunların güç kaynağı sanayi devrimi ile değişmiştir. Mekanizasyon veya makineleşme sürecinde içten yanmalı motorlarda üretilen güç, tarıma has bir araç formu ile tarım makinelerine aktarılmıştır. Tarla zemininin kendine has özellikleri ve ihtiyaç duyulan yüksek çeki kuvveti nedeniyle traktörler çok büyük tekerlere sahiptir. Bu tekerler karakteristik olarak nispeten yumuşak bir kompozit olarak üretilmekte ve çok belirgin desenlere sahip olmaktadır. Traktörlerin motor gücü düşük olmasına rağmen kullanılan güç aktarma organları ve motor türü sayesinde çok yüksek tork değerleri üretilmektedir. Üretilen yüksek tork değerleri ile istenen yüksek çeki kuvveti üretilmekte ve tarım makinelerine güç sağlanmaktadır.

Her ne kadar tarım traktörlerinin temel işlevleri yukarıda sıralandığı üzere çeki üretmek ve güç kaynağı vazifesi görmek olsa da gelişen teknoloji, artan konfor talepleri ve ticari rekabetin getirdiği ek özellik sunumları nedeniyle modern tarım traktörleri birçok ilave özellik barındırmakta, kapasiteleri ve becerileri artmaktadır. Modern traktörlerde operatör için kabin bulunmakta, kabin içerisinde iklimlendirme sistemleri

bulunmakta, traktör ilerleme hızları 60 km/s gibi nispeten çok yüksek hızlara çıkabilmekte, traktör boyutları büyümekte ve traktörlere elektronik kontrol sistemleri entegre edilmektedir.

Modern tarım traktörleri belirgin bir forma sahiptir ve bu form diğer taşıtlardan farklıdır. Şekil 1.8’de örnek bir tarım traktörü ve dolayısıyla kendine has formu sunulmuştur. Bu traktör tez çalışmasında da kullanılmıştır.



Şekil 1.8. Tarım traktörü ve çeki ihtiyacına yönelik olarak geliştirilmiş olan form

Tarım traktörlerinin kendine has formu, frenleme sistemleri açısından da özel durumlar oluşturmaktadır. Traktörlerin artan hızları, bu makinelerin taşımacılıkta kullanılmalarını arttırmıştır. Nispeten yüksek hızlarda gerçekleştirilen bu taşıma işlerinde traktör tekerlerinin desenlerinden kaynaklı bir frenleme dezavantajı bulunmaktadır. Gerek asfalt gerekse stabilize yollarda traktör tekerlerinin diğer taşıtlara göre yola tutunma oranları düşüktür. Özellikle tarım arabalarının da uygun olmayan frenleme sistemleri durumunda bütün frenleme yükü tarım traktörü üzerine gelmekte ve bu durum kaza ihtimalini arttırmaktadır. Ayrıca traktörün fren sistemi beklenenden önce yıpranmaktadır. Bu hususlar literatür taramasında da tespit edilmiş ve ilgili bölümde vurgulanmıştır.

1.4. Tarım Arabaları

Tarım ve ormancılıkta yük taşımak amacıyla tasarlanmış en az bir dingilli, lastik tekerlekli, traktöre bağlanabilmek için çeki oku bulunan, fren tertibatına sahip, tarım traktörü ile çekilen motorsuz taşıttır. Şekil 1.9'da bu çalışmada da kullanılan tarım arabası ve traktörün görseli bulunmaktadır. Tarım arabaları tasarım hızına göre iki çeşittir. Bunlar;

a: Azami tasarım hızı 40 km/s'ye eşit veya altında olan römorklar

b: Azami tasarım hızı 40 km/s'in üzerinde olan römorklardır.



Şekil 1.9. Tarım arabası ve traktör çifti

Ülkemizde kullanılan tarım arabalarının tamamına yakını yerlidir. Bununla birlikte traktörlerin önemli bir kısmı ülkemizde üretilmektedir. Her geçen gün traktör ve römork parkında yer alan birim sayısı giderek artmaktadır. Çizelge 1.2'de 2008-2018 yılları arasında ülkemizdeki traktör ve tarım arabası sayıları verilmiştir. Son 10 yılda ülkemizdeki traktör sayısı yaklaşık olarak %24 artış göstermiştir. 2008 yılında traktör başına düşen tarım arabası oranı %96,8 iken, 2018 yılında bu oran %88'e düşmüştür. Son 10 yılda traktör sayısındaki artış, tarım arabası sayısındaki artıştan daha fazla olmuştur.

Çizelge 1.2. 2008-2018 yılları arasında ülkemizdeki traktör ve tarım arabası sayıları (Anonim,2019)

Yıllar	Toplam	Traktör Sayısı				Paletli (Tırtıllı)	Tarım Arabası Sayısı
		Tek akslı		Çift akslı			
		Beygir gücü		Beygir gücü			
		1-5	5+	51-70	70+		
2008	1 070 746	4 096	13 675	401 791	76 817	218	1 036 613
2009	1 073 538	4 403	16 422	404 032	81 386	204	1 041 239
2010	1 096 683	5 235	20 176	414 977	86 813	199	1 061 656
2011	1 125 001	8 212	27 283	422 389	91 411	206	1 074 764
2012	1 178 253	9 450	36 188	438 623	106 522	204	1 098 995
2013	1 213 560	10 889	42 476	451 292	118 000	186	1 109 917
2014	1 243 300	14 383	51 492	461 399	125 536	200	1 121 371
2015	1 260 358	14 856	54 604	468 060	135 297	206	1 126 166
2016	1 273 531	15 736	57 131	475 665	140 699	132	1 137 709
2017	1 306 736	16 589	59 061	493 660	152 133	125	1 165 873
2018	1 332 139	17 129	60 707	505 087	162 425	113	1 184 193

1.5. Traktör ve Tarım Arabalarının Fren Tertibatları

TSE 585'e göre römorkların, frenleme kuvveti iletim tertibatı mekanik, hidrolik, pnömatik, elektrikli sistemler veya bunların kombinasyonu olan fren tertibatlarından biri ile donatılmış olmalıdır. Toplamda kütlesi 6000 kg ve üzeri römorkların fren tertibatı bütün tekerleklerle, diğerlerinde ise en az bir dingile bağlı tekerleklerle tesir etmelidir. Römorklarda fren tertibatı, toplam kütle yüklenmiş römorku düz, kuru ve yatay bir zemin üzerinde çekilirken en az 3,5 m/s²'lik negatif ivme ile yavaşlatabilecek özellikte yapılmalıdır. Römorklarda fren tertibatı, çeki halkasının traktörden kurtulması durumunda ok yere değmeden otomatik olarak çalışacak yapı ve özellikte olmalıdır. Bu tertibat aynı zamanda park freni olarak da kullanılabilir. Bu durumda frenleme tertibatı %20 eğimde römorku durdurabilecek kadar frenlemelidir. Yarı römorklarda ayrıca park freni bulunmalıdır. Römork traktöre takılı durumda iken geri manevra durumunda frenlemeyi engellemek için geri manevra kilidi konulması gerekmektedir.

TSE 585'e göre tarım arabası fren tertibatının özellikleri özetle;

- Sürücü istediği anda kumanda tertibatı ile fren kuvvetini artırıp azaltabilmelidir.
- Kumanda tertibatına yapılan etki oranında fren kuvveti değiştirilebilmelidir.
- Fren kuvveti yeterince hassasiyette ve kolayca ayarlanabilmelidir.

- Fren sistemi katardaki römorkun traktör ile aynı anda ve uygun sırada frenlemesini sağlamalıdır.
- Römorku frenlemek için kullanılan enerji traktör fren sistemi ile aynı kaynaktan sağlanmalıdır (Bu enerji kaynağı sürücünün kas enerjisi de olabilir).
- Römorkun durması için gerekli fren gücü, römorku çeken traktör gücünün 8 katı olmalıdır.

1.6. Tarım Traktörlerinin Yol Şartları

Tarım traktörleri ve traktör araba çiftleri çeşitli tarla zeminlerinde, toprak zeminlerde, stabilize yol şartlarında ve asfalt yol şartlarında kullanılmaktadır. Sayılan zeminler çok farklı mekanik özelliklere sahiptir. Özellikle tarla zemini çok değişkenlik göstermektedir. Traktörlerin lastikleri esnek, büyük ve derin desenlere sahip, geniş çaplı kauçuk kompozit malzemelerden oluşmaktadır. Bu lastikler ve tekerler tarla zemininde en iyi çekişi sunmak için tasarlanmışlardır. Fakat taşımacılıkta karşılaşılan stabilize toprak zeminler ve asfalt yollarda traktör tekerleri ve lastikleri ivmelenme, seyir ve frenleme mekanizmaları açısından olumsuzluklara sahiptir. Taşımacılığa dönük seyir hızlarında traktör tekerlerinde diğer araçlara göre daha fazla yuvarlanma direnci oluşmaktadır. Ayrıca stabilize zemine ve asfalt yola temas eden yüzey alanı azdır. Bu nedenle frenleme etkinliği teker kaynaklı azalmaktadır. Tarım arabalarında ise çeki işi olmadığı için taşımacılığa daha uygun yüzeyler bulunmaktadır. Bu durum stabilize toprak zeminde ve asfalt yollarda tarım arabalarının frenlemede daha fazla rol alabileceğini düşündürmektedir. Tez çalışmasının motivasyon kaynakları arasında yer alan, tarım arabalarının taşımacılıkta kullanılan zeminlere uygun teker yapısı ve bu sayede tarım traktörü araba çiftinin frenleme etkinliğini arttırabileceği gerçeği, daha fazla bilimsel çalışma ile ortaya konmalı ve vurgulanmalıdır.

Şekil 1.10'da tarım traktörlerinin ve arabalarının kullanıldığı farklı zeminlere örnekler gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Tarım traktörlerinin ve arabalarının kullanıldığı zeminlere örnekler

1.7. Traktör ve Traktör Tarım Arabası Kombinasyonunun İş Kazalarındaki Yeri

Tez kapsamında yapılan literatür araştırması ve görüşmelere göre, güvenliği arttıracak birçok yenilik yapılmasına ve yeni kurallar getirilmesine rağmen, tarımsal kökenli kazalarda traktörler ilk sıradaki yerlerini korumaktadır. Traktörle yük taşıma ve ulaşım esnasında gerçekleşen iş kazalarının diğer tarımsal faaliyetlere (hasat, harmanlama, taşıma, iletim makinaları ve ilaçlama vs.) göre daha çok olduğu anlaşılmaktadır. Bu bölümde traktör ve traktör tarım arabası kombinasyonunun iş kazalarındaki yeri ele alınmaktadır.

Alınan tüm emniyet tedbirlerine rağmen traktörler, inşaat sektörü ve madencilikten sonra en tehlikeli üçüncü sektör olarak kabul edilen tarım sektörü içerisinde gerçekleşen kazalarda ilk sırayı almaktadır (Hard ve ark., 2002). Mukherjee ve Ping (2008) Hindistan ve Çin'deki tarım sektöründe makinaların karıştığı kazaları araştırmışlardır. Kazaların en büyük sebebinin tarımsal faaliyetlerde traktör kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Tarımsal faaliyetler yapılırken gerçekleşen iş kazaları ile ilgili Ankara'da yapılan bir çalışmada, yaşanan kazaların %29'u traktör tarım arabası çifti ile çalışma sırasında meydana geldiği bildirilmiştir (Bülbül, 2006). Bir başka çalışmada ise, Çukurova bölgesinde tarım sektöründe mekanizasyon ve iş güvenliği problemlerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada gerçekleşen kazaların %74.3'ünün traktörlerin karıştığı kazalar olduğu tespit edilmiştir (Doğan, 1992).

Tarımsal faaliyetler yapılırken gerçekleşen iş kazaları yaşanan yaralanma ve ölümlerden dolayı insanlar ve ülke ekonomisinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. İnsanlar büyük acılar çekmekte aynı zamanda ülke ekonomisi ve üretim faaliyetlerine zarar vermektedir. Tarımsal faaliyetler yapılırken gerçekleşen iş kazalarında yaşanan ölümlerin çok olmasının en büyük nedeni traktör ve tarım arabasında tarım işçilerinin taşıyor olmasıdır. Amerika'da yürütülen çalışmalar tarım sektöründe gerçekleşen kazaların %75'ne traktörlerin neden olduğu ve traktör kazalarının sektördeki can kayıplı

kazaların 1/3 ü kadar olduğunu ortaya koymuştur (Hard ve ark., 2002). Hindistan’da, tarım sektöründe gerçekleşen kazaların %46’sına traktörlerin neden olduğu ve kazaya karışanların yaklaşık %43’nün ölümlerle sonuçlandığı belirlenmiştir (Tiwari ve ark., 2002). Bernhardt ve Langley (1992), ABD Kuzey Carolina’da tarım sektöründe gerçekleşen kaza olaylarını incelemiş bu kazalar içerisinde traktör kazalarında ölüm miktarını %62 oranında olduğunu bildirmişlerdir. Lehtola (1992), ABD Iowa eyaletinde 1988-1990 yılları arasında gerçekleşen üç yıllık traktör kazalarının, yazılı medyada yer alan haberlerini veri kaynağı olarak (toplam 173 kazayı) kullanmıştır. Yaşamın yitirilmesi ile sonuçlanan kazaların %58.6’sının traktörün devrilmesi nedeniyle olduğunu, kazaların %16’sının motorlu araçlar ile çarpışmalardan kaynaklandığını tespit etmiştir. Myers ve ark. (2009), büyük tarım işletmelerinde işçilerinin yüksek riskli ortamda çalıştığını, en yüksek risk faktörünün traktör devrilmesi olduğunu bildirmektedirler. Yaşlanmış tarım çalışanlarına yönelik hayati tehlikeye sebep olan yaralanmalara traktörün (%46), kamyonun (%7) ve hayvanların (%5) sebep olduğunu belirtmişlerdir. Öz (2005), tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılarak Ege bölgesinde 250 çiftçi ile anket çalışması yapmıştır. Yapılan çalışmanın neticesinde, tarım sektöründe çalışanların yaklaşık %90’ının traktör üzerinde operatör haricinde insan taşıdığını belirtmektedir. İnsan taşınan yerler çok tehlikeli olmasına rağmen operatörler bu güvenlik kuralına uymamaktadırlar. En çok insan taşımacılığı traktör çamurluğu, üzerinde yapıldığından bahsedilirken, traktör operatörlerinin %30’unun çamurluğa ilave olarak merdiven, askı kolları ve sepet gibi aynı zamanda birden fazla noktaya insan bindirdiklerini tespit etmişlerdir. Kazaların ana sebepleri arasında devrilmenin geldiğini, kazaya karışan tarım sektöründe kullanılan makineler arasında %33’lük bir pay ile tarım arabalarının en başta yer aldığını ve anket çalışmasına katılan çiftçilerin %82’sinin kazalar neticesinde yaralandığını bildirmiştir. (Yıldırım ve Altuntaş, 2015) Tokat il genelinde yaptıkları bir çalışmada kazadan etkilenen insan sayısının “5 ve daha fazla” topluluk oranı %39,28 ile bu durumun önemini bildirmişlerdir. Bunun nedeninin genel olarak traktör çamurluğunda, traktör kabininde veya tarım römorkunda insan taşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Alçayır (2018) Çumra’da yaşanan traktör ve tarımda yaşanan iş kazalarının %23.30’unda, kazaya birden fazla insanın dahil olduğunu ve %76.70’inde ise kaza içinde bulunan ikinci bir kazazedinin olmadığını belirlemiştir. Kaza başına düşen insan sayısının yüksek olması nedenini tarım arabası ve traktörle tarımsal faaliyet yapılan yere tarım işçilerinin ulaştırılmasının etkili olduğunu belirtmiştir. Yazar traktörle yapılan iş esnasında oluşan kazaların,

%20.90'lık bir oranla tarım arabası ile yaşanan kazalar olduğunu, bu kazaların çoğunlukla traktöre bağlı tarım arabasının üstünde ulaşımı sağlanan insanların, yaralanmaları ya da ölmeleri şeklinde gerçekleştiğini belirtmiştir

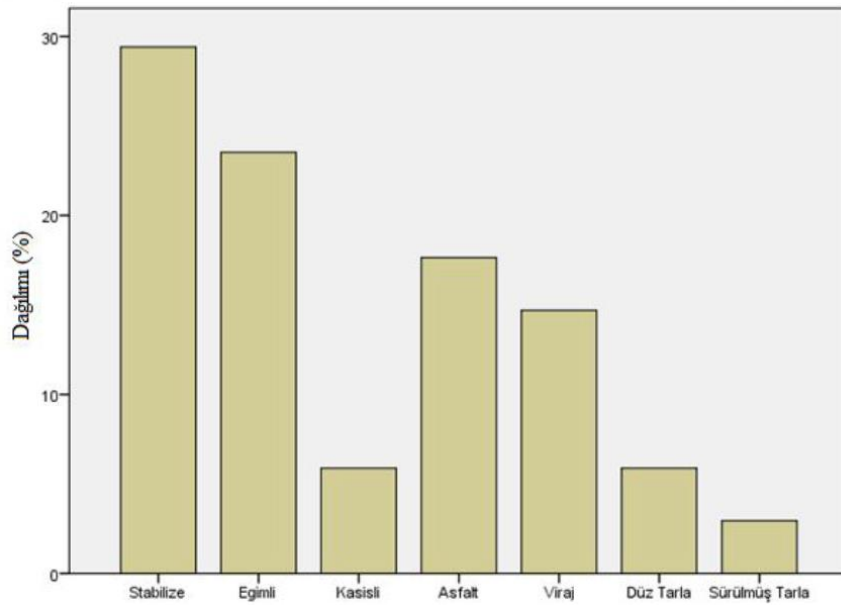
Ülkemizde traktör ve tarım arabaları kazalarının oluşumunda yük durumunun, yol durumunun, hızın, eğitimin, frenlemenin, genel bakım ve fren bakımının önemli olduğu görülmektedir. Traktör kazaları, ülkemizde ve dünyada daha çok devrilme, şarampole yuvarlanma ve çarpışma şeklinde görünmektedir. Karaman ilinde yapılan iki anket çalışmasında 1973-1993 yılları arasında 20 yıllık dönemde yörede gerçekleşen tarımsal kaynaklı kazaların yaklaşık %62 sinin traktör kaynaklı kazalarından meydana geldiği, oluşan kazalar neticesi 65 kişinin hayatını kaybettiğini belirlemişlerdir (Peker ve Özkan, 1994). Yazarlar, tarım sektöründe traktörün önemli bir risk kaynağı olduğunu, yaşanan kazalarda sürücünün teknik bilgi eksikliğini, traktörün amaç dışı kullanımını, eğitim almamış kişilerin operatörlük yapması ve yetersiz bakım onarım vb. nedenlerden kaynaklandığını, bu unsurların etkin bir eğitim planlaması ile giderilebileceğini ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada Tokat il genelinde, çiftçilerin %49,14 oranıyla traktörle devrilme/takla atma/şarampole yuvarlanma şeklinde kaza yaptığını gözlemlemiştir (Yıldırım ve Altuntaş, 2015). Bu tür kazalara daha çok yamaç köylerde veya eğimli arazilerde rastlanmışlardır. Rampa aşağı veya rampa çıkarken, yolun yeterince geniş olmaması, traktör operatörünün tecrübesizliği, tarla sınırları arasındaki kot farkı, traktörün bakım onarım eksikliğinden kaynaklanan frenlerin işlevini tam yapmaması ve sık fren kullanımının fren verimini düşürmesi gibi sebepler bu şekilde kaza riskinin oluşumunda etken olduğunu bildirmişlerdir. Tokat il genelinde traktör ve tarım makinelerinin neden olduğu kazaların incelenmesinde, kaza yapan traktöre en son ne zaman bakım onarım yapıldığı ile ilgili tespit edilen verilere göre, çiftçilerin kazaya karışan traktörlerine, %42 gibi büyük bir oranla hiç bakım yaptırmadığı, %36 oranla bir sene içerisinde bakım yaptırdığı, %20 gibi bir oranında altı ay önce ve %3 oranında da bir ay önce bakım yaptırdıklarını bildirmişlerdir.

Traktör ve tarım arabası kombinasyonu ile yapılan kazalarda yol şartlarının da etkisinin büyük olduğu görülmektedir. Isparta'da yapılan bir araştırmaya göre, gerçekleşen kazaların büyük bir oranının asfalt karayolunda, sonra köy yolu üzerinde gerçekleştiği bildirilmiştir (Akbolat ve ark., 2007). Ankara ilinde yaptıkları çalışmada yazarlar, kazaların yolun yüzey tipine göre; %71 gibi büyük bir oranda toprak zeminde %29 oranında asfalt zeminde, %64 oranında kuru zeminde ve %19 oranda kaygan zeminlerde gerçekleştiğini bildirmektedirler (Bülbül, 2006). Ankara ilinde yapılan bir

başka araştırmada, gerçekleşen kazaların %60 gibi büyük bir oranda toprak zeminde gerçekleştiğini belirtmişlerdir (Gölbaşı, 2002). Perктаş (2007), ülke genelinde yaptığı araştırmasında traktörlerin karıştığı kazalara ait kaza tutanaklarını incelemiştir. 2004-2005 yılları arasında kazaya karışan traktörlerin toplam taşıt sayısı içerisindeki oranın %0.33 ve ölümlle sonuçlanan kazaya karışan taşıt sayısı içinde ise %0.27 olduğunu belirtmiştir. Traktörün karıştığı kazaların %44.03'ü köy yolunda, %19.57'si köy tarla arası yolda, %15.13'ü karayolunda, %9.78'i tarlada çalışma esnasında, %7.39'u işletme içerisinde yapılan faaliyetler sırasında ve %3.19'unun ise kırsalda gerçekleştiğini tespit etmiştir. Traktörlerin içinde bulunduğu kazaların %10'unun ıslak %8'inin tozlu zeminde oluştuğunu belirlemiştir. Kazaların büyük kısmı insan kaynaklı olduğunu ve sürücü hatalarının %97.5 gibi bir değer olduğundan bahseden yazar, traktör sürücüsünün yaptığı yanlış uygulamaları aşırı hız, vitesi nötr konuma alma, uygun olmayan dönüşler ve şerit değiştirme ile viraja olması gerekenden hızlı girme şeklinde olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca çalışmasında yazar, traktörlerin dâhil olduğu trafik kazalarının yaklaşık %15'inin asfalt kara yolunda ve %85'inin ise stabilize yolda gerçekleştiğini bildirmektedir. Murphy ve ark. (2010), ABD'de 4.2 milyona yaklaşan sayıda traktör bulunduğunu ve ortalama traktör kullanım süresinin 25 yılı geçtiğini, 1985 yılı öncesi imal edilen traktörlerin birçoğunda devrilme durumunda sürücüyü koruyan demir profilin/çubuğun eksik ya da olmadığını belirtmektedirler. Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektöründe gerçekleşen kazaları, 2003 ile 2007 yılları arasında inceleyen araştırmacılar 3299 kişinin iş kazasında öldüğünü, ölümlerin yaklaşık %70.3'ünün tarım çalışanlarından oluştuğu, tarım sektöründe gerçekleşen kazaların yaklaşık 900'ünün traktör kaynaklı olduğunu, traktör kazalarının yaklaşık %43'üne ise traktörün devrilmesinin sebep olduğunu belirtmişlerdir. Yücel (2012), Erzurum ilinde gerçekleşen traktör ve tarım makinaları kaynaklı iş kazalarını araştırmışlardır. Yaptıkları incelemede Kazaya karışanların %15'inin hayatını kaybettiğini, traktörlerin kazaya karışma oranının %76'ı olduğunu, traktör kaza şeklinin %47'sinin yana devrilme, takla atma, şarampole yuvarlanma gibi sebeplerle traktör altında ezilme şeklinde yaşandığını bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise Baydaş ve Altuntaş (2017), Isparta, Ege Bölgesi, Karaman, Ankara, Tokat ve Erzurum bölgelerinde traktör ve tarım makinaları ile gerçekleşen kazalarla ilgili yaptıkları araştırmalardan elde ettikleri sonuçları bildirmişlerdir. Traktör devrilmesinin araştırılan kazalar arasında en çok rastlanan sonuç olduğunu ve yurt genelindeki tescil edilmiş traktörlerin %74'ünün zamanı geldiği halde muayene istasyonlarında muayenesinin yaptırılmadığını tespit

etmişlerdir. Gerçekleşen kazaların %60-70'nin traktörün devrilmesi takla atması ya da çarpışma şeklinde olduğunu bildirmişlerdir.

Alçayır (2018) Şekil 1.11'de gösterildiği gibi biçerdöver ve traktörlerin karıştığı 34 kaza olayına ait verileri incelemiştir. Kazaların yaşandığı yol durumuna göre birinci sırada %29.40 ile stabilize yol, ikinci sırada, %23.50 ile eğimli yol, üçüncü sırada %17.60 ile asfalt yol ve sırası ile %14.70 ile virajlı yol, %5.90'arlık oranla kasisli ve düz tarla, %2.90'ı sürülmüş tarlada gerçekleştiğini belirlemiştir. Traktörle gerçekleşen kazaların, devrilme, takla atma ve çarpışma şeklinde meydana geldiğini, kazaya karışan 2005 model ve üstü traktörlerin parktaki oranının %13 olduğunu, İlçede gerçekleşen kazaların %44.20'sinin yetkili mercilere bildirilmediğini belirlemiştir.



Şekil 1.11. Traktör ve biçerdöverlerin karıştığı kaza istatistikleri (Alçayır, 2018)

İş kazaları; günümüz tarım sektöründe hızla artan makineleşme ve ulaşılan mekanizasyon seviyesi ile tarım çalışanlarının iş güvenliğini olumsuz yönde etkilemekte ve iş verimini azaltmaktadır. Traktörle birlikte kullanılan araç, alet ve makinalardan kaynaklanan kaza oranlarını incelediğimizde tarım arabalarının payı oldukça fazladır. Tarım arabası ile yaşanan kazalarda etkilenen insan sayısının fazla olması nedeniyle tarım arabalarını, tarım sektöründe ülkemizin kanayan yarası diyebiliriz. Tarım sektöründe yaşanan kazaların ülke ekonomisine ve iş gücü kaybına verdiği zarar aşikârdır. Öz (2005) ege bölgesinde yaptığı bir çalışmada Traktör ve beraberindeki araç, alet ve makinalar arasında tarım arabaları ile gerçekleşen kazaların tüm kazaların %33'ü gibi büyük bir bölümünü oluşturduğunu tespit etmiştir. Yaptıkları çalışmada Kazaya

karişan çiftçilerin %22 sinin kazayı yetkili mercilere bildirdiği, %61'lik bir kısmının ise buna ihtiyaç duymadığını belirtmiştir.

Türkiye'de tarım sektöründe yaşanan kaza maliyeti diğer sektörlerdeki kaza maliyetlerinden %81 daha fazladır. Sektörde gerçekleşen kazaların en önemli nedeninin traktör olduğu açıklanmaktadır. Ülkemizde traktör kazaları oransal olarak haftada bire eşit geldiği bildirilmekte, çiftçilerimizin 1/3'ünün en az bir defa traktör ile kaza yaptığı belirtilmektedir. Çalışma neticesinde kaza yapan çiftçilerin %51'nin traktörü kullanırken, %21'ninin sürücü yanında yolculuk ederken, %13'ünün ise park edilmiş traktörde, tarım arabasında veya otomobille çarpışma şeklinde gerçekleştiği belirtilmiştir (Yıldırım ve Altuntaş, 2015). Ünal ve ark. (2008), 2003-2005 yılları arasındaki iş kazası kayıtlarını T.C. Sosyal Güvenlik Kurumunun (SGK) verilerini kullanarak incelemişler bu sayede iş kazası ve meslek hastalıklarının ülkeye maliyetini hesaplamışlardır. Çalışma sonunda bu yıllarda ortalama tarım sektöründe 402 adet tarımsal iş kazası olduğunu, diğer sektörlerde 77738 adet iş kazası yaşandığını bildirmişlerdir. Tarım sektöründe yaşanan iş kazalarının, toplam kazalar içinde %0.51'lik paya sahip olduğunu, tarım sektöründeki iş kazalarının maliyetinin diğer sektörlerdeki toplam maliyet içinde %0.86 olduğunu, bununla birlikte tarımsal iş kazası maliyetinin diğer sektörlerdeki iş kazası maliyetinden %81 oranla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Tarım sektöründe yaşanan ölümlü iş kazalarının çoğunluğunun (%60-75) traktör kaynaklı olduğunu, yaşanan kazaların büyük bir bölümünün traktörün devrilmesi neticesinde gerçekleştiği yapılan araştırmalarda açıklanmaktadır (Peker ve Özkan, 1994). Tokat ilinde tarım işletmesi sahiplerinin %61 oranında traktörün yıllık trafik muayenesini yaptırmadıkları ve %39 oranında da trafik muayenesini yaptırdıkları belirlenmiştir (Yıldırım ve Altuntaş, 2015). Yaptığım okumalar neticesinde Türkiye'de tarım sektöründe çalışan traktörlerin kayda değer bir çoğunluğunun trafik muayenesinin olmadığını düşünmekteyim. Yapılan başka bir çalışmada Alçayır (2018), umra ilçesinde, kazaya karişan biçerdöver ve traktörlerin %48.80'ninde trafik sigortasının olmadığını, %44.20'sinde ise trafik muayenesinin yaptıırılmadığını belirtmiştir. Yazar yaptığı çalışma neticesinde biçerdöver ve traktörlerin garanti süresinin olduğunu ve bakım faaliyetlerinin işletme imkânları ile (%95.30) vaktinde yapıldığını belirtmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tarımsal traktör ve tarım arabası çifti ve bu çiftin frenlenmesi ile ilgili yapılan akademik çalışmalar için gerçekleştirilen taramaya göre elde edilen gözlemler bu kısımda sunulmuştur. Traktör tarım arabası çifti ile ilgili meslek odalarının, özel sektörün ve çeşitli kuruluşların da raporları ve ürettikleri içerikler bulunmaktadır. Fakat bunların birçoğu genelleştirilebilir olmayan veya bilimsel yöntem esaslarına göre olmayan içeriklerdir. Bu nedenle yapılan taramada akademik metinler dikkate alınmıştır.

Tarım traktörü ve arabası çiftinin frenlenmesiyle alakalı erişilebilen en erken kaynaklardan birisi Dwyer (1970) tarafından hazırlanmıştır. Bu çalışma, yapılan tez çalışmasıyla çok ilintili olduğu için nispeten geniş bir şekilde burada değerlendirilmektedir. Yazar frenleme ivmesi için traktör araba çiftinde tek akslı veya iki akslı araba kullanılması durumunu ve arabalarda fren olup olmaması durumlarını incelemiştir. Bu durumlara yönelik matematiksel denklemleri türetmiştir. Belirli araba boyutlarına göre yazarın hazırladığı matematiksel ifadelerle teorik olarak frenleme ivmesi değerleri elde edilmiştir. Arabanın farklı yükleri çekici traktör ağırlığına göre bağıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca farklı yüzey tutunma durumları da çalışmada dikkate alınmıştır. Yazar ayrıca gerçekleştirdiği test sonuçlarını da sunmuştur. İlginç bir sonuç olarak tek akslı arabaların frenlemelerinin daha iyi traktör araba çifti fren performansı sağladığını ifade eden yazar, traktörün ağırlığına göre tanımlanan araba yükünün izin verilen sınırları aşmaması gerektiğini vurgulamıştır. Fakat burada tek akslı arabaların çift akslı arabalara göre neredeyse yarı yarıya daha az azami yük sınırına sahip oldukları unutulmamalıdır. Yazar çarpma etkili fren sistemi ile güç etkili fren sisteminin her ikisinin de tarım arabalarında olumlu frenleme sağladıklarını belirtmiştir. Fakat tek akslı arabalar için darbe etkili fren sisteminin zorluğundan bahsedilmiştir. Güç etkili fren sistemi için traktörün hidrolik olarak sağladığı güç kaynağının uygun olduğu belirtilmiştir. Yazar ayrıca tarım arabasının azami yüklü ağırlığının %5-10'u kadar bir sabit frenleme kuvvetinin mevcut traktör araba çiftleri için uygun olduğunu fakat yeni tarım arabalarında traktörün frenlemesiyle orantılı olarak tarım arabası azami yükünün %20-30 oranında bir kuvvet üretmesini önermektedir. Yazarın çalışmasında vurguladığı, tarım arabalarındaki park freninin yasal mevzuatı sağlaması fakat fiiliyatta seyir sırasında kullanılamaması durumu, bugün de geçerlidir. Yazarın literatür

incelemesi özetle hidrolik ve pnömatik frenleme sistemlerinin tarım arabalarına da eklenmesi ve bu sayede seyir frenlemesinin iyileştirilmesini işaret etmektedir. Yazar çalışmasında traktör araba çiftini serbest cisim diyagramlarıyla ayırmış ve daha sonra yuvarlanma direnci, birim ağırlıkları ve frenleme kuvveti arasında bir bağıntı elde etmiştir. Çalışmada traktör fren kuvveti, operatörün fren pedalına uyguladığı kuvvete göre hesaplanırken arabanın fren kuvveti, arabanın frenlenme mekanizması seçeneklerine göre sıfırdan fren pedalına uygulanan kuvvetin bir oranına veya darbe etkili fren sisteminde arabanın ağırlığına göre değişen değerler almaktadır. Çalışmada ayrıca frenlemenin traktör ve arabada eş zamanlı yapılması söz konusu olsa bile araba fren sistemlerindeki seçenekler açısından her zaman aynı oransal frenlemenin elde edilemeyeceğini vurgulamaktadır. Bu durumun sebebi farklı zeminler ve farklı operatörlerdir. Yazarın çalışmada test ettiği yükleme ağırlıkları ile bu tez çalışmasındaki yükleme ağırlıkları da benzerdir. Yapılan testlerde fren pedalı kuvvetinin bir değere kadar frenleme ivmesini arttırdığı ve bu değerden sonra frenleme ivmesinin değişmediği gösterilmiştir. Ayrıca traktör araba çiftinin hızı arttıkça frenleme ivmesi bir miktar azalmaktadır. Bu nedenle tez çalışmasında güvenlik riski oluşturmayacak şekilde azami fren pedal kuvveti ve traktör araba çifti ilerleme hızı kullanılmıştır. Yazar deneysel belirsizliği belirlerken aynı deneyleri tekrarlamış ve aynı sonuçların tekrar elde edilebilirliğini %1 farkla oluştuğunu bildirmiştir. Yazar deneyler sırasında yuvarlanma direncinin tespiti için frenleme olmadan durma mesafesini ve ivmesini ölçmüştür. Çalışmada bir operatörün acil bir durumda fren pedalına 1 kN kadar kuvvet uygulayabildiği belirtilmiştir. Böyle bir fren pedal kuvvetinde traktörler kendi ağırlıkları kadar bir frenleme kuvveti oluşturabilmektedir. Yazar, arabanın itmesi ile traktör tekerlerinin kararlılıklarını kaybetmesi durumunda oluşan makaslama olayına da değinmiştir. Makaslama haricinde boş arabaların frenlenmesi sırasında patinaj nedeniyle tarım arabasının ilerleme doğrultusuna göre sağa ve sola yalpalaması durumu ele alınmış ve bu duruma dikkat çekilmiştir. Çalışma sonuçlarında 5 ton üzeri yüklenmiş ağırlıktaki arabaların güç etkili fren sistemleri ile donatılması önerilmiştir. Son olarak traktör araba çiftinin frenleme tasarımı ne olursa olsun araba azami yükünün traktör ağırlığının 5.25'ini geçmemesi tavsiye edilmiştir.

Owen (1987) traktörlerin fren performanslarını iyileştirmek için sürüş tekerlerinde kullanılabilecek zincirlerin 3 farklı seçeneğini incelemiştir. Zincirsiz teker durumu ile farklı şablonlara sahip zincirlerin sürüş tekerlerine takıldığı durumlar farklı yol şartlarında deneysel olarak araştırılmıştır. Yazar kayma eğimi sınırlarına göre

zincirlerin etkinliğini bildirmektedir. Çalışmada yük ağırlığının etkileri ve frenleme ivmesi sonuçları bulunmamaktadır.

Ülkemizde tarım traktörü ve arabası çiftinin frenlenmesi için yapılan erken çalışmalardan birisi Koyuncu (1992) tarafından gerçekleştirilmiştir. Tarım traktörü ve arabası çifti için katar kelimesini kullanan yazar, tek dingilli tarım arabasının frensiz, orijinal darbe frenli ve modifiye edilmiş darbe frenli durumlarını, çeki okuna gelen 3 farklı orandaki yük durumunda deneysel olarak incelemiştir. Yazar frenleme ivmesini bir ivmeölçer vasıtasıyla zaman çözünürlüklü olarak kaydetmiş ve geometrik ortalama olarak katarın frenleme ivmesini hesaplamıştır. Ayrıca katarın ortalama ivmesinden traktörün ve tarım arabasının ayrı ayrı frenleme ivmesi değerlerini hesaplayarak bulmuştur. Bahsedilen çalışma tek dingilli tarım arabalarına has bazı sonuçları barındırmaktadır. Bununla birlikte yöntemsel açıdan önem arz etmektedir. Ayrıca tarım arabalarıyla ilgili standartlara değinmesi bakımından önemlidir. Yazar tarım arabalarını saatte en fazla 20 km/s hızla çekilen araçlar olarak tanımlamaktadır. Lakin günümüzde bu değer güncelliğini yitirmiştir. Tarım arabalarında seyir frenleri dışında park frenleri de olduğunu hatırlatan yazar, raporunda tarım arabalarının ve fren sistemlerinin sınıflandırılmasına geniş yer ayırmaktadır. Tarım traktörü ve test arabası frenleme ivmesi deneyleri için yazar tarafından alıntılanan şartlar; rüzgâr hızının 10 km/s değerinden az olması; çevre sıcaklıklarının -10 ila +35 °C arasında olması; lastiklerin operasyonel standartlara göre aşınmışlıklarının engel teşkil etmemesi; frenleme esnasında kilitlenme olmaması; ölçümlerdeki toleransların %3 ve altında olması; yol eğiminin %1'den az ve yanal eğimin %3'den az olması; frenlerin bir saatten daha fazla çalıştırılmaması olarak sıralanmaktadır. Yazar ayrıca çarpma etkili fren sistemlerinin gereksinimlerini ve yüklemelere göre tarım arabalarındaki fren gereksinimlerini sıralamaktadır. Yazar ayrıca çift dingilli tarım arabalarında arka tekerlerden ön tekerlere bir yük aktarımı olduğunu ve bunun arka tekerlerdeki frenleme etkinliğini azalttığını alıntılamıştır. Bu nedenle çift dingilli tarım arabalarında tarım arabası fren sisteminin ön dingilde yer alması gerektiği belirtilmiştir. Kampanalı fren sistemlerindeki gerekli balata sürtünme değerleri verilen çalışmada seyir freni, tespit freni (park) ve kopma freni gereksinimleri sıralanmıştır. Yazar deneysel çalışmada tarım arabasını yüklerken 20 kg'lık beton kütleler kullanmıştır. Katarın ilerleme hızı için 20 km/s seçilmiştir. Son olarak çalışmada varyans analizi ve Duncan testi de uygulanmıştır. Yine de yazarın elde ettiği sonuçların belirginliği ve parametrelerin azlığı açısından bu testlerin katkısı tartışılabilir. Çalışmadaki ilginç sonuçlardan biri, tek dingilli tarım arabası frenleme

durumunda traktörün arka tekerlerine yük aktardığı için katarın frenleme ivmesinin bir miktar artmasıdır.

Traktörlerde kullanılan fren sistemleri, otomotiv alanında oturmuş bir teorik ve uygulamalı altyapıya sahiptir. Gerek frenlemeyi sağlayan mekanik elemanlar gerek ise bu elemanların kontrolünü sağlayan devrelerle ilgili derin bir sanayi tecrübesi bulunmaktadır. Günümüzde traktörlerde de kullanılan fren sistemlerine yönelik çok sayıda kaynak bulunmaktadır (Göktan ve ark., 1995). Kaynaklarda lastik tekerlekli tarım traktörleri için gerekli fren tertibatlarından da bahsedilmektedir. Bununla beraber, örnek verilen kaynakta römorkların frenleme sistemlerine ayrılan alan traktörlerden çok daha fazla yer kaplamaktadır. Bunun özel bir sebebi, traktörlerde nispeten daha standart bir fren sistemi uygulamasının bulunmasına rağmen römorklarda çeşitliliğin çok fazla olması ve yasal düzenlemelerin görece yeni olmasıdır.

Gücelioğlu (1996) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye’de üretilmiş olan bazı tarım arabalarının fren sistemleri incelenmiştir. Bir traktör tarafından çekilen tek dingilli balanssız ve çift dingilli balanslı tarım arabalarında çarpma etkili fren tertibatları varken beton zemin üzerinde frenleme ivmesi değerleri ölçülmüştür. Tarım arabalarının kaba kum ile yüklendiği çalışmada, laboratuvar şartlarında fren momentleri de tespit edilmiştir. Çalışmanın giriş bölümü ve literatür taramasında tarım arabalarında kullanılan fren sistemleri ve ilgili standartlar tanıtılmaktadır. Bu kısım Koyuncu (1992) ile büyük benzerlik göstermektedir. Bu nedenle Koyuncu (1992)’nin çalışmasına dair yapılan incelemenin özetinde verilen detaylar Gücelioğlu (1996)’nda da görülmüş ve pekiştirilmiştir. Yine de Gücelioğlu (1996)’nin çalışmasında birkaç farklı husus göze çarpmaktadır. Bunlardan birincisi, yazar tarafından 5 ila 6 ton üzeri yük taşıyan çift dingilli tarım arabalarının bütün tekerlerinin frenlenmesi gerektiğinin belirtilmiş olmasıdır. Yazar birden fazla kez bu bilgiyi yinelemiştir. Bununla beraber kendi yaptığı deneysel çalışmada çift dingilli tarım arabalarının kaç tekerinin frenlendiği anlaşılamamaktadır. Yazar frenleme momenti ölçümü için TS 3413’ü referans vermekte, tarım arabası frenleme ivmesi değerleri için TS 585’i anmakta ve fren deneyleri için TS 4686’yı kaynak göstermektedir. Çalışmada, ülkemizdeki traktör başına düşen ekipman ağırlığında tarım arabalarının ilk sırada yer aldığı; tarım arabasıyla taşıma işlerinin tüm tarımsal işlemlerin yarısına denk düştüğünü ifade etmekte; ülkemizdeki tarım arabalarının büyük çoğunluğunun yerli imalat olduğunu vurgulamakta; ve çarpma etkili fren sistemlerinin yokuş ve geri hareket durumlarında gereken düzenleyici tertibatlara sahip olmadığını ifade etmektedir. Hem Gücelioğlu

(1996)'da hem de Koyuncu (1992)'da ivme hesabı için verilen matematiksel ifade metinlerde iki farklı yerde geçmekte ve ilk verilen ifadelerde hız için ortalama hız tanımı yapılırken ikinci ifadelerde ilk hız ifadesi kullanılmaktadır. Verilen formülün kinematik teorisinden elde edilişi dikkate alındığında ortalama ivme formülünde kullanılan hız değerinin ilk hız veya azami hız değeri olması gerektiği anlaşılmaktadır. Yine de deneylerdeki ölçümler doğrudan kullanılarak ortalama hız ve ivme değerinin formül kullanılmadan daha basit hesaplamalarla bulunması mümkündür. Bu durumun bir örneği bu tez çalışmasında sunulmaktadır. Gücelioğlu (1996)'nın çalışmasında alıntılanan bilgilerden biri ise, ülkemizde 100 tarım traktörü başına ihtiyaç duyulan asgari tarım arabası sayısının 60 olarak hesaplandığıdır. Yine de yazarın çalışmasında verdiği sayılardan tarım traktörü ve arabası sayılarının yaklaşık olarak denk olduğu görülmektedir. Her ne kadar Dwyer (1970)'in çalışmasında mekanik ivmeölçerler önerilmese de Gücelioğlu (1996)'nın çalışmasında mekanik ivmeölçer başarı ile kullanılmıştır. Yazar çalışmasında ayrıca çarpma etkili frenler için teorik olarak gerekli olan yay kuvvetini de vermiştir. Sonuç olarak yerli üretim tarım arabalarının standartlara göre üretim hataları ana sorun kaynağı olarak önerilmiştir.

Bu tez çalışması ile en alakalı literatür çalışmalarından birisi de Örnek (1996) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada çarpma etkili fren sistemine sahip çift dingilli tarım arabasının TS 585'in gerektirdiği frenleme ivmesi değerlerini sağlayamadığı tespit edilmiştir. Çalışmada tarım traktörlerinin taşımacılıkta kullanımlarının, toplam kullanımlarına kıyasla %50 ila 60 değerlerine denk düştüğü ifade edilmektedir. Ayrıca traktör başına yaklaşık olarak bir tarım arabası düştüğü ve tarım traktörü ve arabası çiftinin taşımacılıkta çok etkin kullanıldığı vurgulanmaktadır. Tarım sektöründeki ölümlü kazaların yaklaşık %32'si ve yaralanmaların yaklaşık %14'ü tarım arabaları ile ilişkilendirilmiştir. Örnek (1996)'in çalışmasında da 5 ve 6 tonluk tarım arabalarında bütün tekerlerde fren bulunması zorunluluğundan bahsedilmektedir. Ayrıca 8 ton ve üzeri kapasiteye sahip tarım arabalarında güç etkili fren sistemi olması gerektiğinden bahsedilmektedir. Çalışmada çarpma etkili fren sistemlerinin sahip olması gereken özellikler detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Ayrıca tarım arabası yükü ile katarın frenleme ivmesinin azalışı arasındaki ilişki de vurgulanmaktadır. Deneyisel süreçte mekanik ivmeölçeri, iki adet dinamometre, amplifikatör ve veri kaydedici kullanılmıştır. Denemelerden önce frenlerin ısıtılması için ön frenleme çalışması yapılmış olması, daha önce incelenen literatür çalışmalarında karşılaşılmamış bir durumdur. Statik ve dinamik fren denemelerinin yapıldığı çalışmada 450 N fren pedal

kuvveti kullanılmıştır. Çalışmada, traktör araba çiftinin durması için gerekli olan teorik frenleme ivmesi değerleri de hesaplanmıştır. Sonuçlar arasında dikkat çeken bir husus, tarım arabası yükünün fren ivmesi değerini azaltması ve katarın ilerleme hızının ivme değerini değiştirmemesidir. Katarın hızı arttıkça durma mesafesi ve süresi artmaktadır fakat frenleme ivmesindeki değişimler belirgin değildir. Bu durum sadece frenleme ivmesine göre iş güvenliğinin değerlendirilmesinin ne kadar hatalı olacağının bir göstergesidir. Son olarak teorik frenleme ivmesi hesapları ile deneysel frenleme sonuçları arasında yaklaşık %80 ila 90 değerleri arasında bir ilişki yakalanmıştır. Bunun sebebi, teorik sonuçların gereken frenleme ivmesi değerlerini vermesi ve deneysel sonuçların standart değerlerin altında kalmasıdır.

Bayrak ve Karabulut (2001)'un makalesinde bir dingilli tarım arabalarının çarpma etkili fren sistemleri için mekanizma incelemesi teorik olarak yapılmıştır. Çarpma etkili fren sisteminin serbestlik derecesi 1 olarak bulunmuştur. Ayrıca serbest cisim diyagramları üzerinden analitik statik kuvvet dengeleri hesaplanmış ve mafsallarda ve yataklamalardaki sürtünme katsayısının frenleme kuvveti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yazarlar, kötü malzeme seçimi, imalatlardaki büyük toleranslar ve uzuvların yanlış hesaplanması veya üretilmesi sonucunda çarpma etkili fren sisteminin gerekli fren kuvvetini sağlayamaması riskini ortaya koymuşlardır.

Ahokas ve Kosonen (2003) tarım traktörü ile balanssız tarım arabası çiftinin frenleme davranışını teorik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Teorik incelemenin deneysel sonuçları tutturabildiği fakat buzlu zeminlerde bu durumun değiştiği ifade edilmiştir. Yazarlar buzlu zeminde deneyin zaruri olduğunu belirtmektedir. Yazarlar ayrıca tek dingilli tarım arabaları için test standartlarının hatalara neden olduğunu, standartlarda genellikle frenlemenin durma mesafesi veya frenleme ivmesi şeklinde ifade edildiğini söylemekte ve bu durumu eleştirmektedir. Frenleme performansı için aks yükü ile ivmenin oranının kullanılmasının fren tork kapasitesi için daha doğru bir gösterge olduğunu ve bu değer kullanılabileceğini belirtmektedir. Bu önerinin esas kaynağı balanssız bir tarım arabasının frenleme esnasında traktörün arka tekerlerine aktardığı yüküdür. Yazarlar, traktörler ile araba çiftlerinin taşımacılıkta yol içi kullanımının arttığını vurgulamaktadır. Özellikle buzlu yollarda durma mesafesinden ziyade katarın kararlılığının da çok önemli olduğuna dikkat çekilmektedir. Ayrıca yazarlar tarım arabalarının sadece traktör çeki demiri ile değil bazen de çeki kancası ile çekilebildiğini ifade etmektedir. Yazarlar frenleme ivmesinin hesaplanmasında ve ölçülmesinde gecikme süresi, fren balatalarının açılma süresi gibi sürelerin olduğunu,

frenleme esnasında birden fazla ivme azami değerin oluşabildiğini, bu nedenle traktör araba çiftinin frenlenmesine yönelik çalışmalarda ortalama frenleme ivmesi değerinin kullanıldığını, fakat motorlu araçlarda frenleme başlangıcındaki hızın 0.8 değeri ile 0.1 değeri arasındaki tam gelişmiş fren ivmesi değerinin dikkate alındığını belirtmektedir. Yazarlar, sürücünün ve fren sisteminin elemanlarının neden olduğu gecikmelerden dolayı değişen frenleme ivmesi değerleri ayrıldığında, tam gelişmiş frenleme ivmesi değerinin etkin frenleme performansını verdiğini ileri sürmektedir. Diğer taraftan katarın ilerleme hızı arttıkça frenin devreye girme süresinin önem kazandığını vurgulamaktadır. Çalışmada frenleme oranı, fren kuvvetinin statik dingil yüküne oranı olarak verilmektedir. Yazarlar statik kuvvet dengesi denklemlerini bir bilgisayar programında kullanarak ve fren oranlarını değiştirerek hesaplama gerçekleştirmişlerdir. Deney katarında ise hidrolik fren sistemi kullanılmıştır. Tarım arabasının yüklenmesi için 5 adet büyük beton blok kullanılmıştır. Yol sürtünme katsayısı arttıkça tekerlerin kilitlenmesinin zorlaştığı, sürtünme katsayısının belirli bir değerinden sonra frenleme torkunun tekerleri kilitlemeye yetmediği gösterilmiştir. Bu durum aynı zamanda frenleme ivmesinin artırılması için frenleme torkunun artırılmasının tekerlerin yol sürtünme katsayısı yüzünden kilitlenmesi ile sınırlandırıldığını da hatırlatmaktadır. Yazarlar özellikle buzlu yolda makaslama olayının sürüş kararlılığını bozduğunu ve geçici olarak frenlemenin kesilmesi ile bu olayın önlenmeye çalıştığını bildirmektedir. Çalışmadaki ilginç bir sonuç ise fren gecikme süresi üzerinde motor hızı ve hidrolik silindir büyüklüğünün sadece 0.05 saniye etkisi olduğu, gecikme süresinin 0.2 ila 0.3 saniye arasında gerçekleştiği ve asıl problemin 1 saniye kadar gecikmeye sebep olan hidrolik silindir içerisine sıkışmış olan hava olduğudur.

Trichopoulos ve ark. (2004)'un hazırladığı rapor çalışmasında Avrupa Birliği'nde yer alan bazı ülkelerde tarım ve tarla işleriyle ilişkilendirilmiş iş kazalarına yer verilmektedir. Yaklaşık 10 ülke arasında tarımsal faaliyetler sırasında yaşanan kazaların içinde traktör ve araba çifti ile yapılan taşımacılıkta yaşanan kazaların yüzdesi sadece 2 ülke tarafından belirlendiği görülmekte ve diğer ülkelerde böyle bir verinin hazırlanmadığı veya toplanmadığı anlaşılmaktadır. Ülkemizde de böyle bir durum söz konusudur. Her ne kadar tarımsal faaliyetlerle ilişkilendirilmiş iş kazaları hakkında istatistiksel bulunsa da bu kazaların ne kadarının taşımacılıkta gerçekleştirildiği bilinmemektedir.

Bayrakçeken ve Düzgün (2005)'ün makalesinde frenleme kuvvetlerinin doğrudan ölçümünün ve fren mesafesinin hassas tespitinin zorluklarından bahsedilmiş,

literatürde sunulan çeşitli matematiksel ifadeler kullanılarak farklı ilerleme hızlarındaki taşıtlar için frenleme mesafesi ve ivmesi değerleri hesaplanmıştır. Yazarlar ayrıca frenleme verimi ifadesinin literatürde farklı tanımlara sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu noktada, yapılan tez çalışmasında edinilen tecrübe de dikkate alınarak, frenleme verimi yerine etkinliği ifadesinin kullanılmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir. Literatürde sunulan ve yazarların derledikleri frenleme verimi ifadelerinin bazıları sadece boyutsuz fren kuvvetini işaret etmekte, bazıları ise durma mesafesi ve frenleme öncesi ilerleme hızına göre frenleme etkinliğini vermektedir. Yazarlar durma mesafesinde sürücü reaksiyon süresinin ve frenleme sistemi ile taşıt özelliklerine bağlı frenleme mesafesinin rollerinden bahsetmektedir. Literatürden toplanan matematiksel ifadelerin farklı durma mesafeleri verdiği tespit edilmiştir. Bu matematiksel ifadelerde pedal kuvveti, frenleme ivmesi, yol ile tekerlek arasındaki sürtünme katsayısı ve frenleme verimi gibi farklı parametrelerin kullanıldığı görülmektedir. Yazarlar ayrıca balata ile disk arasındaki sürtünme katsayısı ve kuvveti yerine yol ile tekerlek arasındaki sürtünme ilişkisinin matematiksel modelleme açısından daha etkili olduğunu belirtmektedir.

Scarlett (2009)'in hazırladığı rapor, bu tez çalışmasında vurgulanan birçok unsuru barındırmakta ve benzer tespitler yapmaktadır. Raporda traktör güçlerinin ve tarım arabası kapasitelerinin arttığı (8-10 tondan 12-14 tona), daha fazla 4 teker çekişli traktörün kullanıldığına, 40 km/s hız becerisine sahip traktör sayısının arttığına, tek bir hat ile frenlemenin yapılması uygulamasının yaygınlaştığına, 14230 kg'ın üstündeki tarım arabası yüklerinde %25 fren verimliliğinin ve tarım traktörü pedalından tetiklenen bütün fren sisteminin zorunluluk haline geldiğine değinilmektedir. Raporun dikkat çeken bir tarafı, yasal düzenlemeler ile fiili durum arasındaki farklılıkları vurgulamasıdır. Raporda yükün yasal düzenlemelere göre %25 daha fazla olduğu ve toplam kinetik enerjinin %75'inin yüklü tarım arabasından kaynaklandığı belirtilmektedir. Raporda ayrıca birçok traktörün azami hızlarında kullanıldığı, yasal düzenlemelere karşın bu hızların sınırların üstünde olduğu ve firmaların daha hızlı traktörler ürettiği belirtilmektedir. Ayrıca artan hızlarla beraber yasal düzenlemedekine göre %150 daha fazla oluşan kinetik enerji ile tarım arabası fren sisteminin baş edip edemeyeceği sorulmaktadır. Bu durumun tarım arabasının uygun olmayan fren performansına yol açacağı, aşırı aşınma ve zamanından önce arızaya neden olacağı, neredeyse bütün fren yükünün traktöre bırakıldığı, traktörün zamanından önce yıpratıldığı ve kaza olasılığını arttırdığı belirtilmektedir. Çok ilginç biçimde

zamanından önce oluşan arızalar nedeniyle garanti başvurularının %70'inin rapor hazırlanan ülkeden oluştuğu belirtilmektedir. Bu durumun uygun tarım arabası frenleme sistemlerini gerektiren yasal düzenlemeler ile aşılabileceği öne sürülmektedir. Diğer önemli bir vurgu, yeni düzenlemelerin yeni donanımı kapsadığı ve mevcut kullanımları göz ardı ettiğiidir. Raporda 30 km/s üzerindeki ilerleme hızları için gelecekte hem traktör hem de tarım arabası için %50 fren verimi zorunluluğu olacağı öngörülmektedir. Raporda, tarım arabalarının %80'inin frenleme sisteminin uygun olmadığı ve %90'ının yasal mevzuattaki frenleme verimini tutturamadığı tespit edilmiştir. Güncel traktör hızlarının (>50 km/s) traktör araba çiftinin yaklaşık 2.5 kat daha fazla mesafede durabilmesine neden olduğu vurgulanmıştır. Raporda ayrıca güçlendirilmiş fren sistemlerine sahip tarım arabalarının boşken aşırı frenleme yapmaması için ilave kontrol donanımlarına ihtiyaç duyulabileceği belirtilmiştir. İlaveten, tarım arabası ve traktör ile tarım arabası frenleme ölçümleri için standart ölçüm düzeneklerinin eksikliğinden bahsedilmektedir. Sonuç olarak yasal düzenlemelerin uygulamanın gerisinde kaldığı ve bu durumun bakım masraflarını ve kaza riskini arttırdığı ileri sürülmektedir. Rapor bu tez çalışmasıyla çok alakalıdır ve çok kapsamlı bir içeriğe sahiptir.

Eken (2011) tez çalışmasında çok detaylı bir biçimde ağır vasıtalarda ve iş makinelerinde kullanılan fren sistemlerini, bu sistemlerle ilgili kullanılan matematiksel ifadeleri ve modelleri ve yasal mevzuatı derlemiştir. Çalışmada yasal mevzuatın gerektirdiği değerlerin belirlenebileceği test düzenekleri hakkında önerilerde bulunulmuş ve bazı örnekler de verilmiştir.

Örnek ve Demir (2011) makalelerinde 3 ton yük taşıma kapasitesine sahip, çift dingilli ve çarpma tipi fren sistemine sahip bir tarım arabasının traktörle beraber ilerlemesi sırasında statik ve dinamik frenleme etkinliğini incelemişlerdir. Deneysel olarak gerçekleştirilen incelemede 10-20 km/s hız aralığında 3 farklı hız için tarım arabasının boş, yarı yüklü, tam yüklü ve aşırı yüklü olduğu durumlarda frenleme yapılmıştır. Çalışmalarında Türkiye'deki tarım arabalarının görece yaşlı olduğu ve fren sistemlerinin etkinliklerinin düşük olduğu belirtilmektedir. Ayrıca tarımda yaşanan kazalarda ölümlerin %31.58'inin taşıma işi sırasında gerçekleştiğini vurgulamışlardır. Çalışma sonuçlarında dikkat çeken en önemli bulgulardan birisi, ilerleme hızına bağlı frenleme ivmesinin neredeyse sabit kalması fakat durma mesafesinin doğrusal olarak artmasıdır. Bu sonuç yasal düzenlemelerde sadece tek bir ivme değerine bağlı bir tanımın yeterli olmayabileceğini, farklı ilerleme hızı değerleri için farklı frenleme ivmesi değerlerinin zorunlu tutulması gerektiğini, fren sistemlerinin ilerleme hızına

bağlı olarak farklı frenleme ivmesi değerlerini verebilecek şekilde tasarlanabileceğini düşündürmektedir. Taşınan yük değerlerine bağlı olarak istenen frenleme ivmesi bir miktar azaldığı için durma mesafesi de bir miktar artmaktadır. Fakat çalışmanın genel sonucunun frenleme etkinliği üzerinde traktör araba çiftinin ilerleme hızının çok belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Yeni traktörlere göre ilerleme hızı yazarların çalışmasında nispeten düşüktür.

Fren sistemleri teorik olarak incelendiğinde frenleme etkinliği, fren verimi, durma mesafesi ve frenleme ivmesi gibi büyüklükler dikkate alınmaktadır. Fakat uygulamalarda frenleme olayı bazı karmaşık fiziksel etkileşimlerle karşılaşmaktadır. Bunlardan bir tanesi titreşim olayıdır. Frenleme esnasında fren sisteminde, balatalar ile sürtündükleri yüzeylerde oluşan titreşimler malzeme ömrünü azalttığı gibi sistemin genelinde bakım masrafı oluşturacak hasarlara yol açarlar ve sürücü konforunu azaltırlar. Ekingen (2012)'in tez çalışmasında frenleme kaynaklı titreşimler bir simülasyon yazılımı ile teorik olarak incelenmiştir. Traktör ve tarım arabası çiftinde de özellikle tarım arabası fren sisteminin gerekli etkinliğe sahip olmaması durumlarında, tarım traktörüne çok fazla fren yükü bindiği için fren kaynaklı titreşimlerin oluşacağı öngörülebilir. Tez çalışması kapsamında yapılan saha görüşmelerinde ve literatür taramasında da traktör frenlerinin beklenenden daha erken yıprandığı vurgulanmaktadır.

Kamiński ve Czaban (2012) yaptıkları çalışmada yasal mevzuatlar çerçevesinde traktör frenleri ile tarım arabası frenlerinin ve bunların beraber fren etkinliklerinin tip onay testleriyle incelenmelerine ve araç muayene istasyonlarında periyodik kontrollerine yönelik değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Ayrıca bu değerlendirmelere göre bazı testler gerçekleştirmişlerdir. Yazarların ülkesinde daha çok pnömatik fren sistemleri kullanıldığı için çalışmanın büyük bölümü pnömatik fren sistemleri üzerine gereklilikler açısından bilgiler içermektedir. Kompresör kapasitesi, basınçlı rezervuarın dolum süresi, basınçlı hatlar ve sistem cevap süresi gibi unsurlar incelenmektedir. Yazarlar ayrıca $T5$ olarak niteledikleri tipteki traktörlerin 60-70 km/s ilerleme hızına sahip olduğunu belirtmekte ve fren sistemlerinin önemini vurgulamaktadır. Çalışmada zaman çözünürlüklü olarak frenleme ivmesinin ve kuvvetinin değişimi de sunulmuştur. Bu verinin teorik çizimlerden farklılığı dikkat çekmektedir.

Erdem ve Altıparmak (2014) frenleme elemanlarında sıcaklık artışının frenleme etkinliğine nasıl bir etki yaptığını deneysel olarak incelemiştir. Çalışmanın literatür taramasında yaklaşık 400 °C sıcaklığı bir sınır olarak tarif edilmektedir. Bu sıcaklıktan sonra fren pedalı kuvveti ne olursa olsun frenleme etkinliği tehlike arz edecek şekilde

azalmaktadır. Diğer taraftan yazarlar sadece 300 °C sıcaklığa kadar frenleme elemanlarının sıcaklığını arttırabilmişlerdir. Bu sıcaklıklarda azami fren pedal kuvveti ile fren mesafesinde bir değişme olmadığı grafiklerden görülmektedir. Yine de düşük fren pedal kuvveti değerlerinde %30'a kadar fren mesafesi artabilmektedir. Yazarların çalışmada kullandıkları deneysel donanım da incelemeye değerdir. Özellikle sabit fren pedalı kuvveti için çalışma kapsamında bir aparat geliştirilmiştir.

Kabir ve ark. (2014) yaptıkları derleme çalışmasında tarım traktörlerinin performanslarının ve güvenliklerinin belirlenmesi için kullanılan standartları incelemişlerdir. Değerlendirmeleri arasında fren performansı için standartların tolerans değerlerinde çeşitlilikler olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Ekonomik İş Birliği ve Gelişme Organizasyonu (OECD)'nin standartlarında fren performansı ile ilgili eksiklikler bildirilmiştir. Çalışmada Tablo 7 olarak isimlendirilen veriler, fren performansının incelenmesi için yazarların inceledikleri standartlardaki parametreleri, toleransları, ön ayarlamaları ve test tariflerini sunmaktadır.

Nastasoiu ve Ispas (2014) bir matematiksel model kurgulayarak traktörle çekilen iki dingilli tarım arabasının frenleme işlemini teorik olarak incelemiştir. Yazarlar D'Alambert prensibi yerine ikinci dereceden Lagrange eşitliği ile matematiksel modeli oluşturmuşlardır. Modeli kullanırken traktörün sadece arka aksından fren yaptığı ve dört tekerden fren yaptığı durumları incelemişlerdir. Her durumda tarım arabasının dört tekerden frenlendiği düşünülmüştür. Modeli kullanırken diğer değişken yol sürtünme katsayısı olarak dikkate alınmıştır. Traktör frenlemeye 10 km/s ilerleme hızı ile başlamaktadır. Nispeten düşük bir ilerleme hızı ile frenleme işlemi başladığı için durma mesafe ve süreleri nispeten düşüktür. Fakat frenleme ivmesi değerleri 0.7 ve 0.8 tutunma katsayısı için sırasıyla 6.865 m/s^2 ve 7.845 m/s^2 bulunmuştur ve bu değerler bu tez çalışmasında bulunan değerler için bir kıstas niteliğindedir.

Beyaz ve ark. (2015), farklı traktörlerin sürücülere verdiği güven hissiyatını ölçebilmek için sürücüler terlediklerinde derilerinde oluşan tuzun oluşturduğu elektriksel iletimi algılayan sensörler vasıtasıyla bazı testler gerçekleştirmişlerdir. Yapılan testlerde sürücülere hidrolik diskli fren tertibatlarına sahip traktörler kullanırılmış ve sürücüler traktörleri frenlediklerinde oluşan sensör ölçümleri kaydedilmiştir. Ayrıca sürücülerin kontrolü dışında da elektronik kontrol vasıtasıyla traktörler frenlenmiş ve sürücülerin tepkileri ölçülmüştür. İlginç biçimde sonuçlar, daha düşük donanıma sahip traktörün daha sert tepki verdiği için sürücüde daha fazla güven hissiyatı oluşturduğunu, daha yüksek ve gelişmiş donanıma sahip traktörün ise daha

“ılımlı” bir tepki verdiği için sürücüde daha az güven hissiyatı oluşturduğunu göstermektedir.

Literatürde, frenleme sistemlerinin testleri için yayınlanmış olan standartların karşılaştırmalı değerlendirmesini sunan derlemeler bulunmaktadır (Güney ve Mutlu, 2015). Fakat genellikle bu derlemelerde tablolar halinde sunulan karşılaştırmalar yüzeysel kalmakta ve pratikteki tecrübeler ve olasılıklar hakkında bilgiye ulaşılamamaktadır. Bu nedenle deneysel çalışmaların e raporların önemi büyüktür.

Avrupa Birliği Komisyonu’nun (EC) Taşımacılık Araştırma Laboratuvarı’na (TRL) yazdırdığı 2017 yılındaki bir raporda (Scarlett ve ark., 2017) ve sonrasında rapora yapılan itirazlara verilen cevaplarda (Scarlett ve Knight, 2017) 40 km/s ile 60 km/s hızları arasında seyir hızına sahip traktörlere getirilen ABS fren sistemi zorunluluğu ele alınmıştır. Raporda mevcut durum ele alınırken yeni traktörlerin hızlarındaki artışlar vurgulanmış ve daha sonra ABS açısından teknik imkânlar, pratik imkânlar ve maliyet açısından durum değerlendirilmiştir. Teknik açıdan mevcut teknolojinin uygun olduğu hem pnömomatik hem de hidrolik sistemler ile ABS’nin traktörlere ve tarım arabalarına uygulanabileceği belirtilmiştir. Pratik açıdan raporu düzenleyenlerce yapılan görüşmelerde sensörlerin ve ilave donanımların yerleştirilmesi açısından bazı zorluklar olduğu vurgulanmıştır. Raporun en ilginç tarafı maliyet hesabıdır. ABS fren sistemi zorunluluğunun traktör ve tarım arabalarının maliyetlerini ciddi miktarda arttırdığı tespit edilmiş ve bu maliyetin karşılanma mekanizması olarak engellenecek kazalar gösterilmiştir. ABS fren sistemi için kazaların ne kadarının engellenebileceği çok net tespit edilemediğinden kabaca 15 yıl gibi bir süre hesaplanabilmiştir. Bu durum, ABS fren sistemi zorunluluğunun geri çekilmesi tartışmalarını doğurmuştur. Referans verilen raporlar, güncel olarak tarım traktör ve arabalarında güvenliği arttıracak fakat maliyeti düşük olan çözümlerin hala araştırıldığını göstermektedir.

Yapılan literatür taraması sonucunda, özellikle ülkemizde, çift dingilli tarım arabaları ile traktör çiftinin frenleme etkinliği üzerinde tarım arabasının her iki dingilinde hidrolik sistem ile frenlemenin etkisinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Birçok çalışmanın tek dingilli balanssız tarım arabalarının traktörle çekilmesi sırasında frenlenmesine odaklandığı ve çarpma etkili fren sistemini incelediği görülmektedir. Çift dingilli tarım arabalarının traktörle çekilmesi sırasında fren etkinliklerinin incelendiği çalışmalarda genelde tek dingil üzerinde iki tekerin frenlenmesi incelenmiş ve çarpma etkili fren sistemleri kullanılmıştır. Bu tez çalışması

ile benzer tek çalışma Nastasoiu ve Ispas (2014) tarafından yapılmış teorik çalışmadır. Bahsedilen çalışmanın ilerleme hızı değerleri ve yük değerleri bu tez çalışmasından farklıdır. Ayrıca bahsedilen çalışma teorik bir çalışmadır. Fakat bahsedilen teorik çalışmada bir traktör ve tarım arabası çiftinin frenlenmesi sırasında tarım arabasının iki aks ve dört teker ile frenlenmesi durumu incelenmiştir ve frenleme ivmesi değerleri bu tez çalışmasındaki deneysel olarak tespit edilmiş ivme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Günümüzde artan traktör hızları ve traktör tarım arabası çiftinin taşımacılıkta yaygın kullanımı göz önüne alındığında ve literatür taraması değerlendirildiğinde, bu tez çalışmasının önemi bir kez daha vurgulanmış olmaktadır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde incelenen tarım traktörü ve arabası çifti, fren tertibatları, teorik hesaplama formülleri ve deneysel donanım açıklanmaktadır. Konu iki alt başlığa ayrılmıştır. İlk alt başlıkta donanım tarif edilmiştir. İkinci alt başlıkta ise süreç açıklanmıştır.

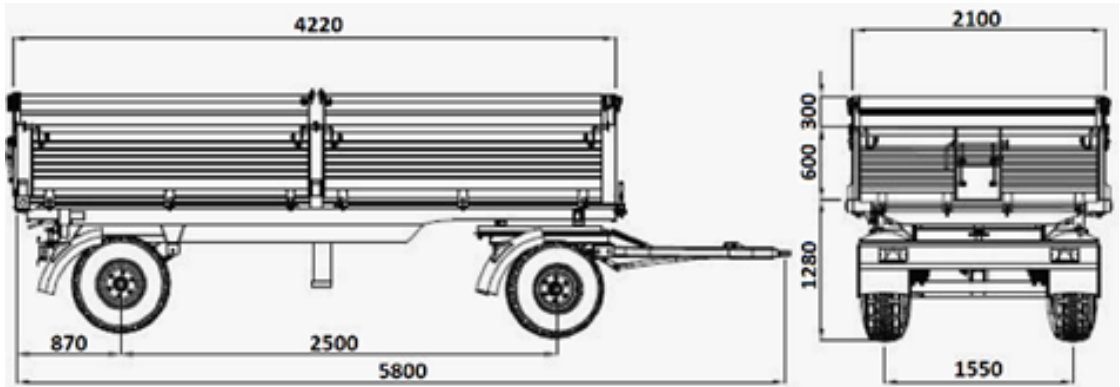
3.1. Donanım

Deneylerde Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde bulunan NewHolland TD 110D marka traktör kullanılmıştır. Bu traktörde ek güç silindirleri sayesinde 4700 kg değerinde yüksek kaldırma kapasitesine sahip hidrolik sistem bulunmaktadır. 6 adet hidrolik güç çıkışı sayesinde hidrolik bağlantılı ekipmanlar ile etkin olarak çalışma olanağı sunulmaktadır. Diskli hidrolik tip fren sistemi kullanılan bu traktörde diferansiyel aks miline takılı yağ banyolu 5 adet disk mevcuttur. Frenlerin kumanda sistemi ayrı pedallar ile ya da ayrı ayrı mekanik kumandalıdır. Yol konumunda pedallar istenildiğinde mandal ile birbirine bağlanabilir. Park freni ise servis freninden hareketli, levye ile mekanik kumandalıdır. Deney traktörünün teknik özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney traktörü teknik özellikleri

Model	TD 110 D NewHolland
Yakıt cinsi	Dizel
Silindir adeti	4
Güç	2300 d/d'da110BG
Tork	1400 d/d'da430Nm
Silindir hacmi	3908 cm ³
Kavrama	Kuru tip çift plakalı
Transmisyon	12 ileri 12 geri oranlı
Fren sistemi	Yağ banyolu 5 diskli sistem
Ön lastik basıncı	1.7 bar
Arka lastik basıncı	1.6 bar
Ağırlık	3900 kg
Dingil mesafesi	2422 mm
Ön dingil genişliği	1787-2180 mm
Arka dingil genişliği	1628-2028 mm
Uzunluğu	4115 mm
Traktör yüksekliği	2657 mm
Ön dingil ağırlığı	1560 kg
Arka dingil ağırlığı	2340 kg
Ön tekerlek ölçüsü	13.6. R280
Arka tekerlek ölçüsü	16.9.R38

Denemelerde 6 ton taşıma kapasiteli çift dingilli, lastik tekerlekli, yaprak yaylı, sac kasalı, hidrolik etkili mekanik frenli, arkaya devirmeli ve traktörle çekilir tarım arabası kullanılmıştır (Şekil 3.1). Tarım arabasının her dingilinde hidrolik fren sistemi bulunmaktadır. Tekerler dingile ikişer adet konik makaralı rulmanlarla yataklandırılmıştır. Poyra ve kampana ayrı dökümlerden yapılmış olup içleri tornada işlenmiştir. Dingiller 80x80x8 mm'lik köşebent malzemesinin alın altına kaynatılması ile yapılmış olup, ana ve yardımcı yaprak yay grubu ile alt şasiye bağlanmıştır. Tarım arabasının teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Tarım arabasının ön ve arka dingilinde frenleme manivelalarına bağlı 2 adet hidrolik piston-silindir mekanizması bulunmaktadır. Bu mekanizma traktör hidrolik pompasından gelen basınçlı hidrolik yağ ile her iki dingil üzerindeki fren sistemini eş zamanlı olarak çalıştırmaktadır. Denemeler ön dingilden frenli, arka dingilden frenli, her iki dingilden frenli ve tarım arabası frensiz yapıldığı için, dingillerdeki fren sistemini birbirinden ayırmak amacıyla, her iki hidrolik fren sistemi girişine birer adet hidrolik mekanik kumandalı 2/2 yön kontrol valfi monte edilmiştir. Bu sayede istenilen zamanda frenlenen dingillerin birbirinden bağımsız olarak frenleme yapılmaları sağlanmıştır. Dingil fren sistemlerine bağlanan valfler Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Kullanılan tarım arabası ve ölçüleri (mm)

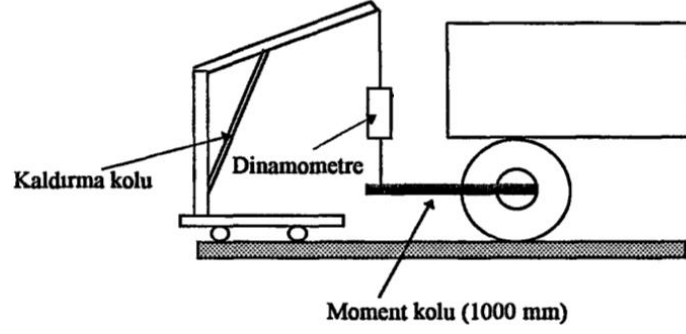


Şekil 3.2. Yön kontrol valfinin tarım arabası üstündeki görüntüsü

Çizelge 3.2. Tarım arabası teknik özellikleri

Toplam uzunluk	5800 mm
Toplam genişlik	2100 mm
Toplam yükseklik	2180 mm
Toprak aralığı	390 mm
Kasa tabanının yerden yüksekliği	1180 mm
İz genişliği	1550 mm
İlavesiz kasa boyutları	4220x1920x600 mm
Dingiller arası uzaklık	2500 mm
En küçük iz dairesi yarıçapı	3275 mm
En küçük dönme dairesi yarıçapı	3450 mm
Öz ağırlığı	1950 daN
Ön dingil eksenine gelen boştaki ağırlık	1000 daN
Arka dingil eksenine gelen boştaki ağırlık	950 daN
Faydalı yük	6000 daN
Balata uzunluğu	320 mm
Balata genişliği	50x6 mm
Balata kalınlığı	6 mm

Tarım arabasının statik durumda frenleme etkinliğinin belirlenmesi için özel bir test düzeneği hazırlanmıştır. Test düzeneği, 1000 mm uzunluktaki özel bir moment kolu, bir dijital göstergeli dinamometre, bir calaskal ve krikodan oluşmaktadır. Bu düzenekte moment kolu tekerlek aksına yatay olarak bağlanmıştır. Calaskal yardımıyla bu kol kaldırılarak kaldırma momenti belirlenmiştir. Şekil 3.3'te düzeneğin şematik resmi, Şekil 3.4'te ise detaylı resmi görülmektedir.



Şekil 3.3. Statik durumda teker fren momenti ölçüm sistemi şematik tarifi (Demir ve Çarman, 1996).



Şekil 3.4. Statik durumda teker fren momenti ölçüm sistemi uygulama görüntüsü

Çalışmalar sırasında frenleme sürelerini belirlemek için bir kronometre ve tüm kombinasyonlardaki gerçek çalışma hızları belirlemek amacıyla traktör üzerine monte edilen Dickey John DJCMS200 marka hız radarı kullanılmıştır. Ayrıca mesafeleri belirleyebilmek için bir adet şerit metre, lastik hava basınçlarını belirleyebilmek için bir adet manometre diğer kullanılan materyallerdir.

3.2. İnceleme Süreci

Çalışmalar iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada statik frenleme etkinliği teorik olarak hesaplanmış, ikinci aşamada ise deneysel yöntemle statik ve dinamik olarak frenleme etkinlikleri belirlenmiştir. Frenleme ivmesi, tarım arabasının yüksüz olduğu durum ve 4200 kg, 6000 kg ve 7800 kg yükler altındaki durumu için tespit edilmiştir. Yükleme işleminden önce, tarım arabasının boş ağırlığı, ön dingil ve arka

dingile gelen yüklerin tartılmasıyla belirlenmiştir. Daha sonra kasa ilavelerine kadar homojen dağılımlı kum yüklenmiştir. Yükleme işlemine en büyük yükten başlanmış ve 7800 kg'lık yük oluşturabilmek için önceden ağırlığı belirlenmiş beton kütleler, tarım arabasında bulunan kum üzerine dengeli olarak yerleştirilmiştir. 7800 kg yük ile birlikte asfalt ve stabilize zemin üzerinde denemeler yapıldıktan sonra, vince bağlı olan dijital terazi yardımı ile tarım arabasından homojen şekilde 1800 kg'lık yük azaltılarak 6000 kg yük ile denemelere devam edilmiştir. Belirtilen sıra dâhilinde yükler azaltılmak suretiyle her bir yük için ayrı ayrı deneyler gerçekleştirilmiştir. Denemelerde yapılan yükleme işlemi sonucunda yüklü tarım arabasının resmi Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Tarım arabası yükleme işlemi sonucunda yüklü tarım arabası görüntüsü

Başlangıçta traktör tarım arabası kombinasyonunun ilerleme hızı 30 km/s olarak planlanmış, yapılan ön denemelerde makaslama görüldüğü için iş güvenliği tedbirleri hesaba katılarak ilerleme hızı 25 km/s'lik değere düşürülmüştür. Her bir yükleme miktarı için, tarım arabası ile traktör kombinasyonunun 25 km/s'lik hıza ulaşmasından sonra frenleme etkinliği belirlenmiştir. Denemeler asfalt ve stabilize yol şartlarında yapılmıştır. Denemelerde farklı frenleme kombinasyonlarının etkilerini de görebilmek için Çizelge 3.3'te belirtildiği şekilde tarım arabasının ön ve arka dingillerine birlikte ve ayrı ayrı frenleme yaptırılarak tarım arabası ile traktör kombinasyonunun frenleme etkinlikleri tespit edilmiştir.

Teorik ve deneysel çalışmalar esnasında aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Simgeler ve kısaltmalar ilgili bölümde açıklanmıştır.

Statik durumda frenleme momentinin teorik olarak belirlenmesi (Örnek ve Demir, 2011):

$$M_d = 0.7m \cdot R_{et} \quad (3.1)$$

Burada;

M_d : En küçük tekerlek frenleme torku (Nm),

m : Her tekerleğe düşen ağırlık (kg),

R_{et} : Etkin statik lastik yarıçapı (m),

Teorik Olarak Tarım Arabasının Frenleme İvmesinin Belirlenmesi (Örnek, 1996):

$$a_{ta} = \frac{W_k a_k - W_{tr} a_{tr}}{W_{ta}} \quad (3.2)$$

Burada,

a_{ta} : Tarım arabası frenleme ivmesi (m/s^2)

W_k : Kombinasyonun toplam kütlesi (kg),

a_k : Kombinasyonun ivmesi (m/s^2),

W_{tr} : Traktör ağırlığı (kg),

a_{tr} : Traktör frenleme ivmesi (m/s^2),

W_{ta} : Tarım arabasının ağırlığı (kg).

Tarım arabasının statik durumda frenleme etkinliğinin belirlenmesi için, tasarlanan ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Önce tarım arabasının tekerleğinin zeminden temasını kesmek için aks altına yerleştirilen kriko yardımıyla araba kaldırılarak sehpa altına alınmıştır. Daha sonra traktör hidrolik sistemi vasıtasıyla tekerler frenlenmiştir. Tekerlek merkezine 1000 mm uzunluğundaki moment kolu bağlanmıştır. Moment kolunun diğer taraftan calaskalla irtibatlandırılmıştır. Frenleme torkunu belirleyebilmek için calaskal ile moment kolu arasına bir dinamometre bağlanmıştır. Calaskal sayesinde moment koluna tekerlek dönünceye kadar çekme kuvveti uygulanmıştır. Tekerlek dönmeye başladığında dinamometreden okunan çekme kuvveti değeri ile, kuvvet kolunun uzunluk değeri ile çarpılarak frenleme torku belirlenmiştir.

Dinamik fren testleri için çalışmaya başlamadan önce traktörün 25 km/h hıza ulaşabileceği başlangıç referans noktası ve frenleme başlangıç referans noktası ölçülerek test pisti üzerinde işaretlemeler yapılmıştır. Traktör tarım arabası

kombinasyonu öngörülen 25 km/s hıza ulaştıktan sonra traktör kabininde yer alan sürücü tarafından önceden piste işaretlenen noktaya geldiğinde fren pedalına basılmış, aynı anda kabin içerisinde bulunan ikinci operatör tarım arabasının frenlemesi için hidrolik yön valfine yol vermiştir. Frenleme başlangıcında kronometre çalıştırılarak frenleme zamanı başlatılmıştır. Traktör tarım arabası kombinasyonunun tam olarak durdurulduğu anda ikinci operatör kronometre yardımıyla frenleme süresini belirlemiştir. Frenleme mesafesi, kombinasyon hızı ve frenleme süresi yardımıyla frenleme ivmesi hesaplanmıştır. İvme hesabında;

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (3.3)$$

eşitliği kullanılmıştır. Ayrıca frenleme esnasında oluşabilecek makaslama sürekli olarak gözlenmiştir. Çalışmanın deneme deseni Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Traktör tarım arabası kombinasyonunun yük ve frenleme durumuna göre deneysel çalışma koşulları

Frenleme şekli		Yükler (kg)
Traktör frenli	Tarım arabası frensiz	Boş
		4200
		6000
		7800
	Tarım arabası ön dingil frenli	Boş
		4200
		6000
		7800
	Tarım arabası arka dingil frenli	Boş
		4200
		6000
		7800
	Tarım arabası her iki dingil frenli	Boş
		4200
		6000
		7800

Bu iki farklı zeminin özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla kayma dirençleri belirlenmiştir. Bu amaçla ASTM E303 ve BS EN 13036-4:2003 standartlarına sahip Stanley London marka portatif kayma direnç ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bir ucunda ağırlık olan bir pandül ve bunun altında numuneye sürtünen ve belirli özellikleri olan lastik bir pabuç ile bir ölçek ve göstergeden ibaret olan kayma direnci ölçüm cihazı Şekil 3.6'da görülmektedir. Ölçümler Türk Standartlar Enstitüsü'nün TS EN 1436 standardına göre yapılmıştır. Pandülün boyu bir vida ile ayarlanarak, lastik pabucun

numuneye 125 mm’lik bir uzunluk boyunca sürtünmesi sağlanmıştır. Cihaz kalibrasyon ayarları bitirildikten sonra lm işlemine geçilmiş, her bir zeminde 3 farklı noktadan arka arkaya 5 (beş) lm alınmıştır. Aynı noktalarda yüzey ıslatılarak, ıslak yüzeyler için kayma direnci ölçümleri yapılmıştır. İlk ve son lmler göz ardı edilerek diğer 3 () lmn ortalaması dikkate alınmıştır (Terzi ve ark., 2009).

lmlerde literatürde frenleme deneylerinin bir kısmı beton zemin üzerinde yapıldığından beton zeminin de kayma direnci ölçülerek asfalt zeminle mukayesesi mümkün kılınmış ve frenlemeyi yorumlamada önemli bir referans olmuştur (Ekinci, 2011).



(a)



(b)



(c)

şekil 3.6. Kayma direnç lmlerinin yapılışı, a) Asfalt zemin, b) Stabilize zemin, c) Beton zemin

Asfalt, stabilize ve beton zemine ait kayma direnç değerleri izelge 3.4’te verilmiştir. Ayrıca bu çalışmada asfalt yüzey tutunma katsayısı 0.8 ve stabilize yüzey tutunma katsayısı 0.7 alınmıştır.

Çizelge 3.4. Kayma direnci değerleri

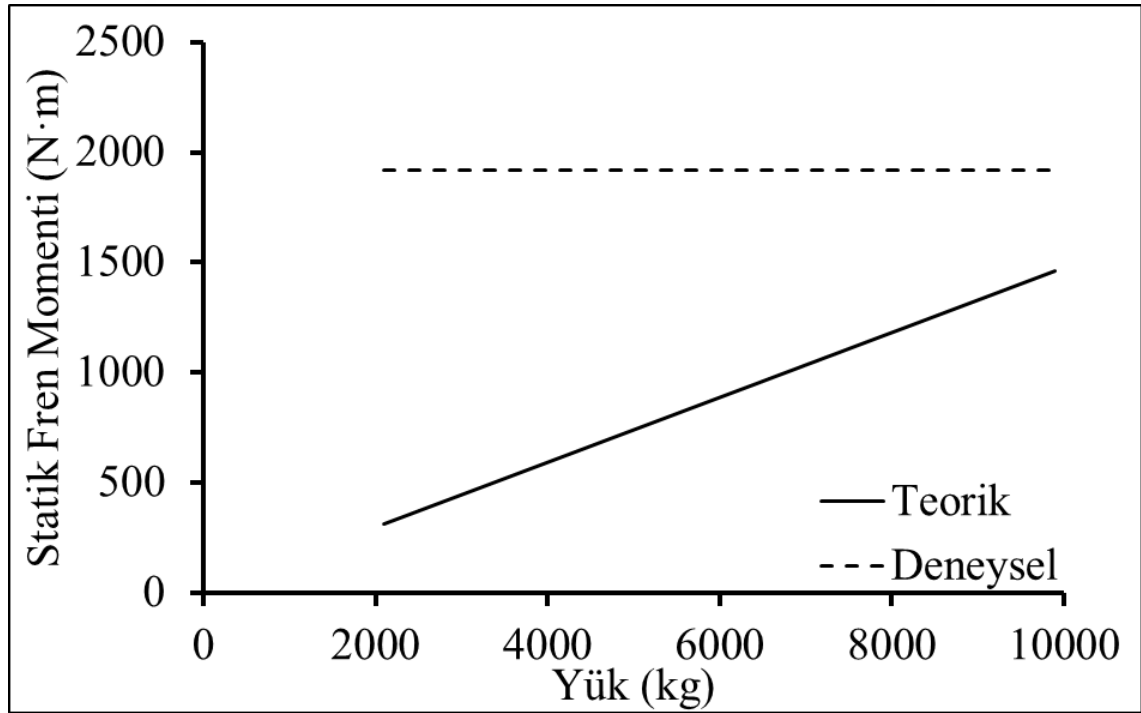
Zemin	Kayma direnci (SRT)	
	Kuru	Islak
Asfalt	85	75
Beton	55	40
Stabilize	60	48

Çalışmada toplam 32 kombinasyon (2 farklı zemin x 4 frenleme şekli x 4 tarım arabası yükü) değerlendirilmeye alınmıştır. Çalışmada kullanılan zemin, frenleme şekli ve tarım arabası yükü gibi kontrollü değişkenlerin; frenleme ivmesi, frenleme süresi ve frenleme mesafesi değerleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analizleri sonuçlarının elde edilmesinde MİNİTAB-ANOVA programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Tarım traktörü araba çiftinin çeşitli frenleme stratejileri, yüklemeler ve iki farklı zemin durumuna göre frenleme ivmesi, süresi ve mesafesi ölçülmüştür. Ölçümlere dair değerler grafiksel olarak aşağıda sunulmaktadır. Grafiklerin değerlendirmesi yapılırken, yöntem kısmında açıklanan prensiplere atıfta bulunulmuş ve sahadaki uygulamalar dikkate alınmıştır.

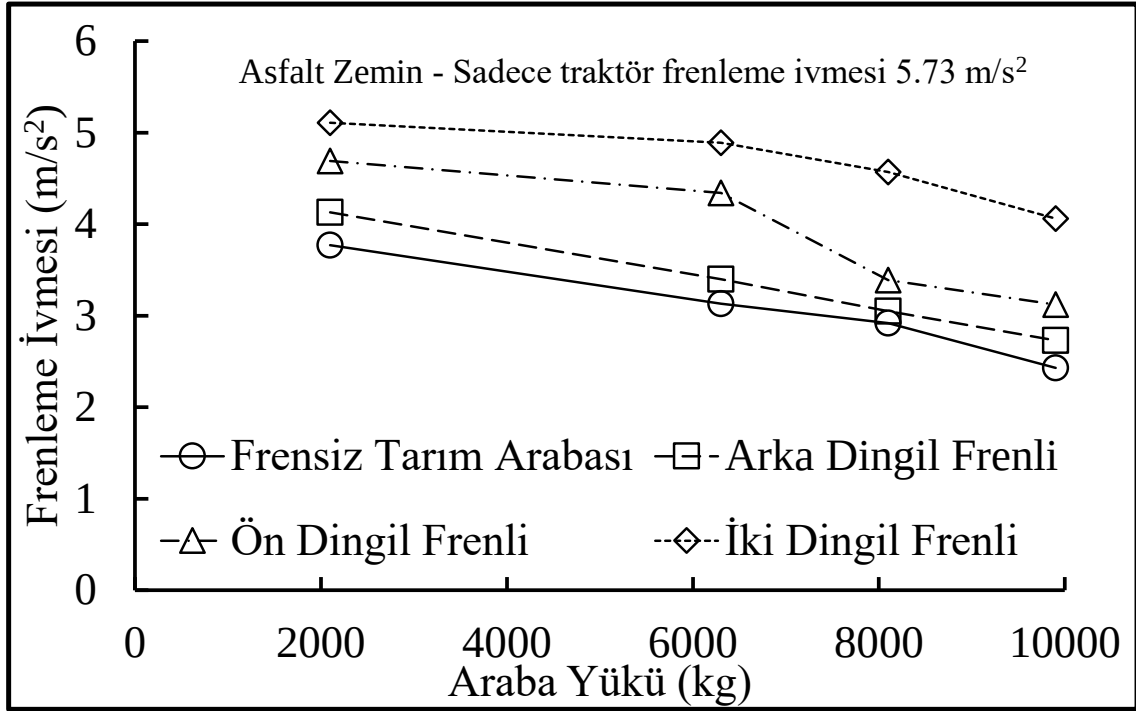
Çalışma kapsamında hesaplanan statik fren momenti ile deneysel olarak tespit edilen statik fren momenti değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Statik fren momentinin teorik ve deneysel değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.1 incelendiğinde tarım arabasının statik frenleme momentinin beklendiği üzere teorik olarak hesaplanan statik frenleme momentinden yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışmanın odak noktası olan frenleme ivmesi değerleri asfalt zemin için Şekil 4.2’de sunulmaktadır.

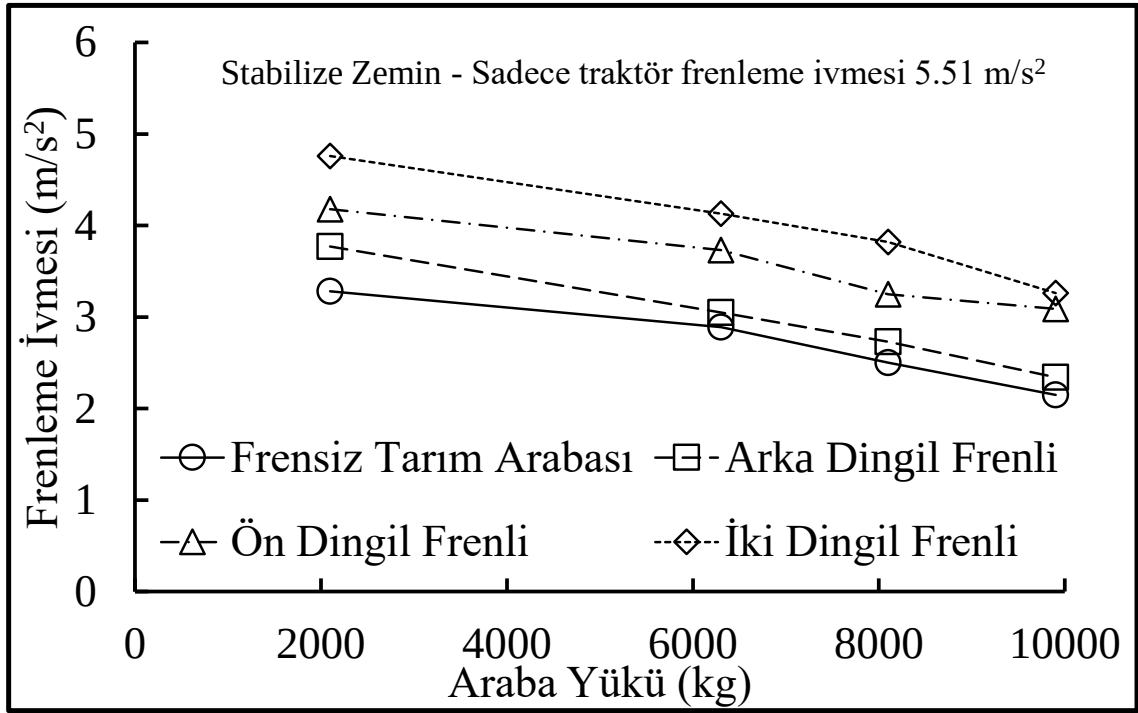


Şekil 4.2. Tarım traktörü araba çiftinin asfalt zemin üzerinde çeşitli yüklemeler ve frenleme stratejilerine bağlı olarak frenleme ivmesi değerleri

Şekil 4.2'den görüldüğü üzere en düşük frenleme ivmesi değerleri, tarım arabasında herhangi bir frenleme yapılmadığı durumda ortaya çıkmaktadır. Tarım arabasında frenleme yapılmadığı durumda, tarım arabasının yüklenmesi ile frenleme ivmesinin azalması arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir. Benzer bir durum tarım arabasının arka dingilinde frenleme yapılması durumu için söz konusudur. Her ne kadar tarım arabasının arka dingilinde fren yapılması durumunda frenleme ivmesi bir miktar iyileşse de yük miktarı ile doğru orantılı ivme frenleme ivmesi azalması aynı eğilimde kalmaktadır. Ayrıca asfalt zemin üzerinde traktörün tek başına sahip olduğu frenleme ivmesine göre tarım arabasının frenlenmemesi veya arka dingil ile frenlenmesi durumlarında yaklaşık %30 ila 50 frenleme ivmesi azalmaktadır. Tarım arabasının sadece ön dingil ile frenlenmesi durumunda ise, frensiz ve arka dingil frenli durumlara göre frenleme ivmesinde belirgin bir iyileşme olmaktadır. Fakat bu fark 6 ton yük seviyelerinden sonra azalmaktadır. Diğer taraftan tarım arabasının çift dingil ile frenlenmesi sayesinde traktörün tek başına frenleme ivmesi değerine yaklaşıldığı gibi aynı zamanda 6 ton yük seviyesinden sonra bile diğer frenleme stratejilerine göre belirgin iyileşme korunmaktadır. Elde edilen ivme değerleri Nastasioiu ve Ispas (2014)'da teorik olarak hesaplanan ivme değerlerine göre %25 ila 50 arasında düşük kalmaktadır. Bu durum beklenen bir durumdur çünkü atıf verilen çalışma teorik bir

çalışmadır ve deneysel çalışmadaki gerçek yol şartlarının getirdiği patinaj, düzensizlikler ve deneysel belirsizlikler gibi faktörlerden etkilenmemektedir. Ayrıca literatürdeki çalışmada yük durumu dikkate alınmamıştır.

Benzer bir incelemenin stabilize toprak yol için gerçekleştirilmesi durumu Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Tarım traktörü araba çiftinin stabilize toprak yol üzerinde çeşitli yüklemeler ve frenleme stratejilerine bağlı olarak frenleme ivmesi değerleri

Stabilize toprak yol, denenen bütün frenleme stratejilerinin frenleme ivmesi değerlerini düşürmüştür. Ayrıca frenleme stratejileri arasındaki fark da kapanmaktadır. Araba yükü ile frenleme ivmesi arasındaki doğrusal değişim ilişkisi devam etmektedir. Frenleme stratejilerinin asfalt yol üzerindeki frenleme ivmesi sıralamaları, stabilize toprak yol zemin üzerinde değişmemektedir. En yüksek frenleme ivmesi değerleri, çift dingilli frenleme stratejisi ile elde edilmektedir. Nastasoiu ve Ispas (2014)’un bulduğu sonuçlar ile stabilize toprak yol sonuçları arasında yüke bağlı olarak %25 ila 50 arasında fark bulunmaktadır. Deneysel sonuçlar teorik hesaplamadan daha düşük bulunmuştur. Daha önce de izah edildiği üzere deneysel çalışmadaki gerçek yol şartlarının getirdiği patinaj, düzensizlikler ve deneysel belirsizlikler gibi faktörler deneysel sonuçların düşük çıkmasının sebepleri arasındadır.

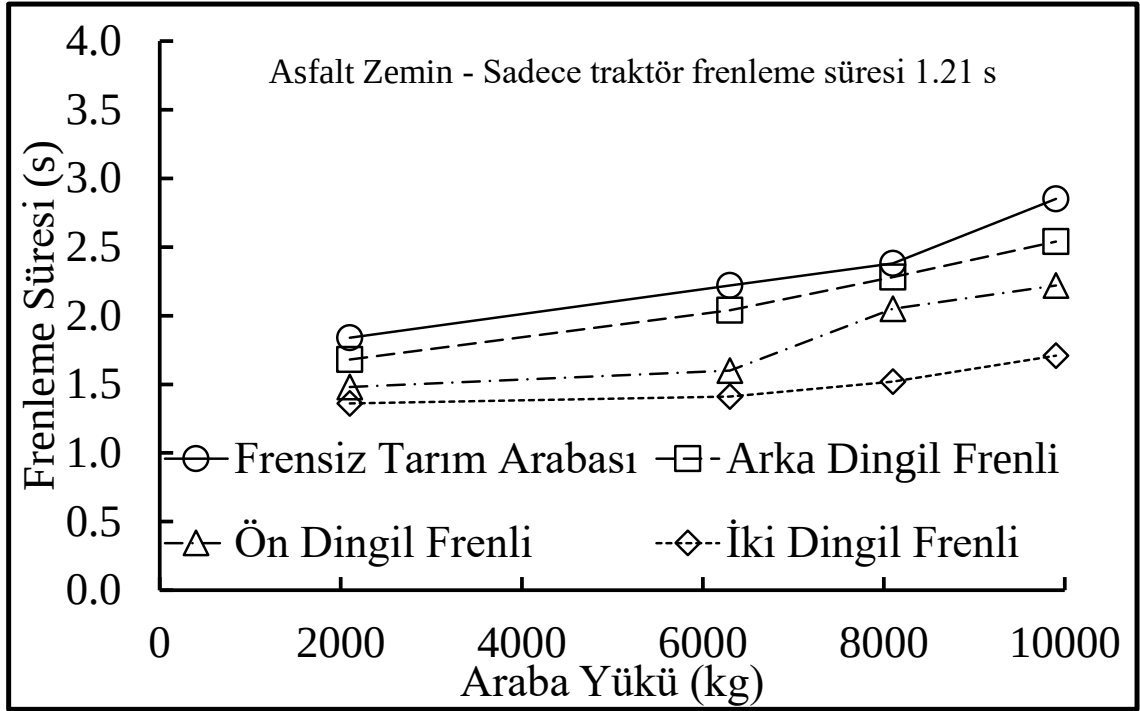
Asfalt stabilize zeminde frenleme ivmesi üzerinde yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları zeminin, frenleme şeklinin ve tarım arabası yükünün frenleme ivmesi üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.1. Frenleme ivmesi varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F	P
Zemin (Z)	1	1.44500	61.96**	0.000
Frenleme Şekli (FŞ)	3	3.28334	140.79**	0.000
Tarım Arabası Yüğü (TAY)	3	2.54442	109.10**	0.000
Hata	24	0.02332	-	
Genel	31	-	-	
** İstatistiksel olarak %5 seviyesinde önemli ($P<0.05$)				
Z	F.Ş	TAY		
(A) 3.73313 _A	(F ₄) 4.32500 _A	(L ₁) 4.21125 _A		
(S) 3.30812 _B	(F ₃) 3.72375 _B	(L ₂) 3.69500 _B		
	(F ₂) 3.15000 _C	(L ₃) 3.27875 _C		
	(F ₁) 2.88375 _D	(L ₄) 2.89750 _D		

Karşılaştırma yapıldığında zemin ortalamaları arasındaki farklar, frenleme şekillerinin ortalamaları arasındaki farklar ve tarım arabası yüklerinin ortalamaları arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur. Asfalt zeminde, her iki dingilden frenleme ile en düşük tarım arabası yükünde diğer değişkenlere göre daha yüksek frenleme ivmesi elde edildiği anlaşılmaktadır.

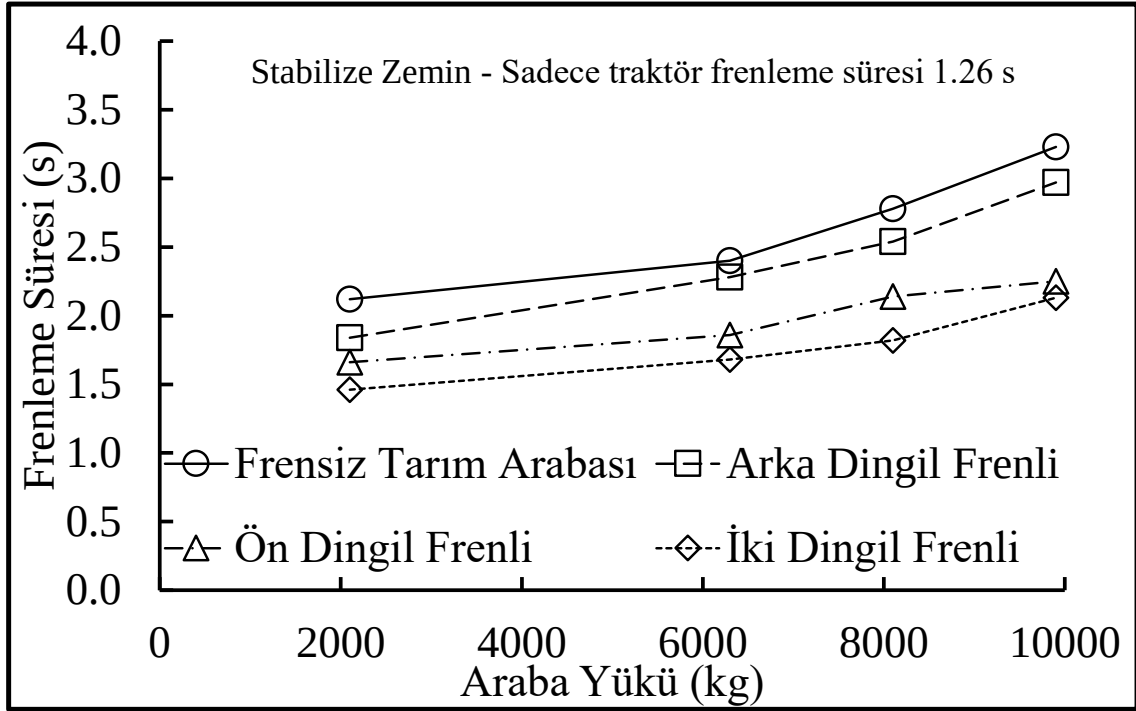
Frenleme açısından önemli bir gösterge frenleme süresidir. Şekil 4.4’te asfalt yolda farklı frenleme stratejileri ve taşıma yükleri için traktör araba çiftinin durma süreleri sunulmuştur.



Şekil 4.4. Tarım traktörü araba çiftinin asfalt yol üzerinde çeşitli yüklemeler ve frenleme stratejilerine bağlı olarak durma süreleri

Şekil 4.4 incelendiğinde, frenleme ivmesine paralel olarak en kısa durma süresinin en azdan en fazlaya doğru sırasıyla tarım arabası çift dingil frenleme sistemi, ön dingil frenleme sistemi, arka dingil frenleme sistemi ve sadece traktör frenlemesi olduğu görülmektedir. Tarım arabasında taşınan yük arttıkça traktör araba çiftinin durma süresi uzamaktadır. Yine de çiftin denenen aralıkta durma süresi en fazla 2.85 sn olarak bulunmaktadır. Aynı yolda sadece traktör 1.21 saniye sürede durabilmektedir. Bu durum, traktör araba çiftinin yüklü halde uygun frenleme stratejisi olmadan %100'den daha fazla miktarda uzun süre frenlendiği halde harekete devam ettiğini göstermektedir. Tarım arabasının çift dingilde frenlenmesi durumunda ise traktörün tek başına durma süresine çok yakın değerlerde durma süresi elde edilmektedir.

Stabilize toprak yolda tekerlerin tutunması daha zayıf olacağı için durma sürelerinin de daha fazla olması beklenir. Şekil 4.5'te bu durum gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Tarım traktörü araba çiftinin stabilize toprak yol üzerinde çeşitli yüklemeler ve frenleme stratejilerine bağlı olarak durma süreleri

Stabilize toprak yol durumunda farklı frenleme stratejileri ve yüklemelerde bir miktar daha fazla durma süresi söz konusu olsa da belirgin bir farklılık göze çarpmamaktadır. Durma süresi eğilimleri neredeyse aynıdır ve mutlak değer olarak bir miktar artmıştır. Frenleme stratejileri arasındaki fark korunmuştur.

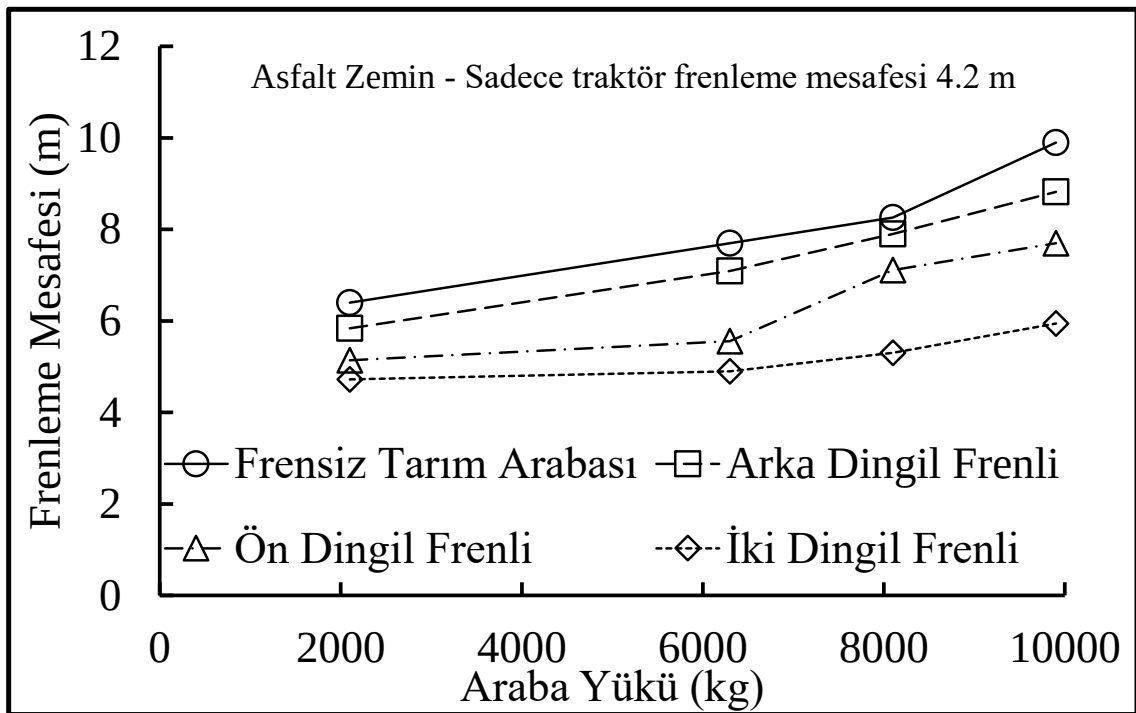
Asfalt ve stabilize zeminde frenleme süresi üzerinde yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları zeminin, frenleme şeklinin ve tarım arabası yükünün frenleme süresi üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($P < 0.05$).

Çizelge 4.2. Frenleme süresi varyans analizi sonuçları

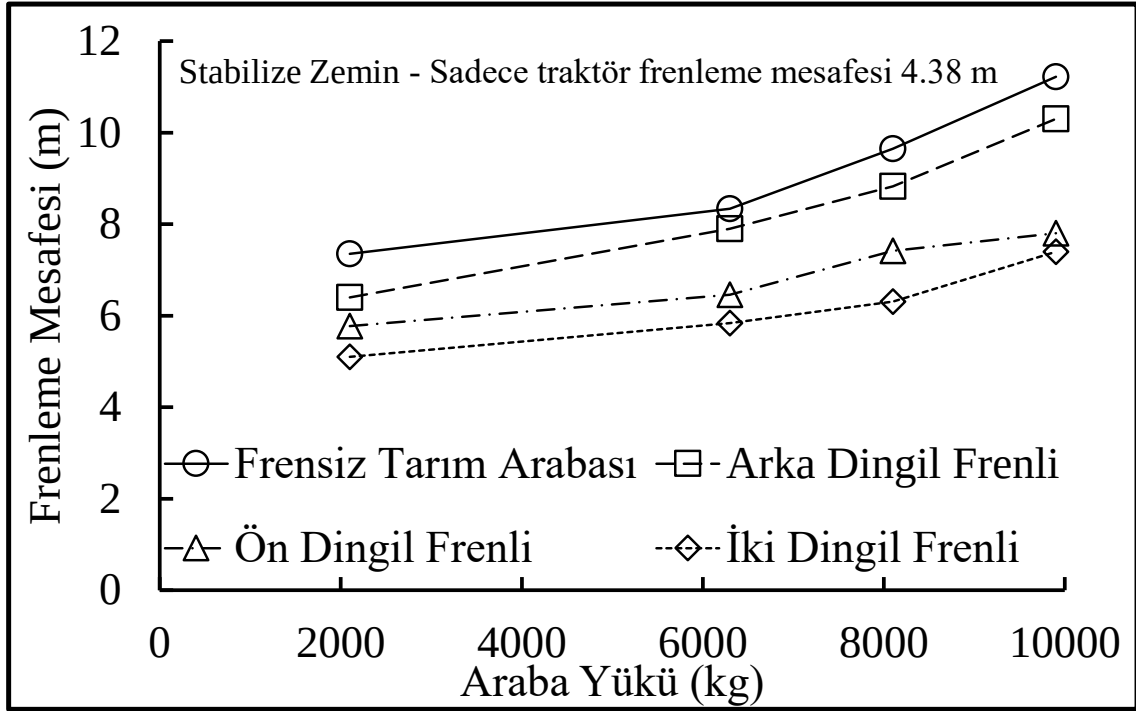
V.K.	S.D.	K.O.	F	P
Zemin (Z)	1	0.49501	33.03**	0.000
Frenleme Şekli (FŞ)	3	1.12284	74.92**	0.000
Tarım Arabası Yüğü (TAY)	3	0.95562	63.56**	0.000
Hata	24	0.01499	-	
Genel	31	-	-	
** İstatistiksel olarak %5 seviyesinde önemli ($P < 0.05$)				
Z	F.Ş	TAY		
(S) 2.19750 _A	(F ₁) 2.47750 _A	(L ₄) 2.48750 _A		
(A) 1.94875 _B	(F ₂) 2.27125 _B	(L ₃) 2.18875 _B		
	(F ₃) 1.90750 _C	(L ₂) 1.93625 _C		
	(F ₄) 1.63625 _D	(L ₁) 1.68000 _D		

Karşılaştırma yapıldığında zemin ortalamaları arasındaki farklar, frenleme şekillerinin ortalamaları arasındaki farklar ve tarım arabası yüklerinin ortalamaları arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur. Stabilize zeminde, tarım arabası frensizken en yüksek tarım arabası yükünde diğer değişkenlere göre daha yüksek frenleme süresi izlenmiştir.

Frenleme ivmesine bağlı olarak traktör araba çiftinin durma mesafesi değerleri de değişmektedir. Şekil 4.6'da asfalt yol durumu için, Şekil 4.7'de ise stabilize toprak yol durumu için farklı yüklemelerde ve frenleme stratejilerinde traktör araba çiftinin durma mesafeleri sunulmaktadır.



Şekil 4.6. Tarım traktörü araba çiftinin asfalt yol üzerinde çeşitli yüklemeler ve frenleme stratejilerine bağlı olarak durma mesafeleri



Şekil 4.7. Tarım traktörü araba çiftinin stabilize toprak yol üzerinde çeşitli yüklemeler ve frenleme stratejilerine bağlı olarak durma mesafeleri

Asfalt ve stabilize zeminde frenleme mesafesi üzerinde yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları zeminin, frenleme şeklinin ve tarım arabası yükünün frenleme mesafesi üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($P < 0.05$).

Çizelge 4.3. Frenleme mesafesi varyans analizi sonuçları

V.K.	S.D.	K.O.	F	P
Zemin (Z)	1	5.9599	33.09**	0.000
Frenleme Şekli (FŞ)	3	13.4840	74.87**	0.000
Tarım Arabası Yüğü (TAY)	3	11.4497	63.57**	0.000
Hata	24	0.1801	-	
Genel	31	-	-	
** İstatistiksel olarak %5 seviyesinde önemli ($P < 0.05$)				
Z	F.Ş	TAY		
(S) 7.63063 _A	(F ₁) 8.60250 _A	(L ₄) 8.63500 _A		
(A) 6.76750 _B	(F ₂) 7.88500 _B	(L ₃) 7.59750 _B		
	(F ₃) 6.62000 _C	(L ₂) 6.72375 _C		
	(F ₄) 5.68875 _D	(L ₁) 5.84000 _D		

Karşılaştırma yapıldığında zemin ortalamaları arasındaki farklar, frenleme şekillerinin ortalamaları arasındaki farklar ve tarım arabası yüklerinin ortalamaları arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur. Stabilize zeminde, tarım arabası frensizken en

yüksek tarım arabası yükünde diğer değişkenlere göre daha yüksek frenleme mesafesi gözlenmiştir.

Çizelge 4.4'te deneysel bulgular tablo olarak sunulmakta ve Eşitlik (3.2) marifetiyle tarım arabasının hesaplanan frenleme ivmesi değerleri verilmektedir. Tabii olarak Eşitlik (3.2), ağırlıklı ortalama formülünden türetilmiştir ve tarım arabasına düşen frenleme ivmesi değeri ağırlıklı ortalamanın bir çeşit sonucudur. Fiiliyatta tarım arabası fren ivme değerleri daha farklı olmalıdır. Bu durum tarım arabasının frensiz olduğu durumda bile fren ivmesi değeri hesaplanmasından anlaşılmaktadır. Yine de yasal mevzuatta da kullanılan bu hesaplama yöntemi, tarım arabalarının frenleme ivmesine katkısı konusunda fikir vermektedir.

Çizelge 4.4. Deneysel olarak tespit edilen kombinasyon fren ivmeleri ve hesaplanan tarım arabasına düşen fren ivmesi değerleri

TA Yüğü (kg)		2100	6300	8100	9900
Fren İvmesi (m/s^2)	TR	5.73	5.73	5.73	5.73
	KO - TA Frensiz	3.77	3.13	2.92	2.43
	KO - TA Arka Dingil Frenli	4.13	3.4	3.05	2.73
	KO - TA Ön Dingil Frenli	4.69	4.34	3.39	3.12
	KO - TA Çift Dingil Frenli	5.11	4.89	4.57	4.06
	TA - TA Frensiz	0.13	1.52048	1.56704	1.13
	TA - TA Arka Dingil Frenli	1.15857	1.95762	1.75963	1.54818
	TA - TA Ön Dingil Frenli	2.75857	3.47952	2.26333	2.09182
	TA - TA Çift Dingil Frenli	3.95857	4.37	4.01148	3.40212
	TR	5.51	5.51	5.51	5.51
	KO - TA Frensiz	3.28	2.89	2.5	2.15
	KO - TA Arka Dingil Frenli	3.77	3.05	2.73	2.34
	KO - TA Ön Dingil Frenli	4.18	3.73	3.25	3.09
	KO - TA Çift Dingil Frenli	4.76	4.13	3.82	3.26
	TA - TA Frensiz	-0.8614	1.2681	1.05074	0.82636
	TA - TA Arka Dingil Frenli	0.53857	1.52714	1.39148	1.09121
	TA - TA Ön Dingil Frenli	1.71	2.6281	2.16185	2.13667
	TA - TA Çift Dingil Frenli	3.36714	3.27571	3.0063	2.37364

Tez çalışmasının uygulama görüntüleri EK-1'de sunulmuştur. Bu görüntüler içerisinde tarım arabasının düzgün yüklenmemesi durumunda oluşabilecek hasarlara da bir örnek olarak yaşanan bir kaza gösterilmektedir. Tarım arabasının yüklenmesi sırasında aks üzerindeki kaynaklar kırılmış ve bir aks tarım arabasından ayrılmıştır. Daha sonra gerekli tamirat yapılmış ve çalışmaya devam edilmiştir. Bu tecrübe neticesinde tarım arabasının düzgün yüklenmesinin önemi bir kez daha anlaşılmış olmaktadır.

Yukarıda sunulan sonuçlar incelendiğinde fren sisteminin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Tez çalışması kapsamında üreticiler, servisler ve kullanıcılarla yapılan

bire bir görüşmelerde periyodik bakımların sadece yağ değişimi, yağ filtresi değişimi ve yakıt filtresi değişimi şeklinde anlaşıldığı görölmüştür. Fren sistemlerinin, özellikle bir ticari ve iş faaliyeti olan tarımda kullanılan mekanizasyonun iş makinesi sayılması açısından, periyodik kontrollerinin büyük titizlikle yapılması gerekmektedir.

Tarım sektöründe yaşanan kazaların birçoğu traktör ve tarım arabası kaynaklı kazalardan oluşmaktadır. Kaza nedenleri ve oluş şekilleri incelendiğinde yüksek hız, yol eğimi, aşırı yüklemenin kazaya katkısının etkisi görölmüştür. Fren sistemi, tüm taşıtlar için en önemli sistemlerdir. Zamanında etkili bir şekilde durmak can ve mal zayıatını engeller. Traktör ve tarım arabalarında standartlara uygun donatılan frenler standartlara uygun bakım onarım ve periyodik kontrollerle hayat kurtarır. Bu açıdan yapılan tez çalışmasındaki bulguların önemi daha iyi anlaşılmaktadır.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada tarım traktörleri ile tarım arabası kombinasyonunun taşımacılıkta kullanım senaryolarına yönelik frenleme etkinliklerinin değişimi, tarım arabasının hidrolik frenlenmesi stratejilerine göre incelenmiştir. İki farklı zeminde, dört farklı yük değerinde, üç farklı tarım arabası hidrolik frenleme stratejisinde ve tarım arabasının hiç frenlenmediği durumda, çiftin frenleme ivmesi değerleri, durma süresi ve mesafesi değerleri deneysel olarak tespit edilmiştir. Ülkemizdeki standartlar da dikkate alınarak değerlendirme yapıldığında aşağıdaki temel sonuçlara ulaşılmaktadır:

1. Tarım arabasının çift dingil ile traktörle beraber frenlenmesi hem asfalt yol şartlarında hem de stabilize toprak yol şartlarında çiftin yasal düzenlemelerde zorunlu kılınan frenleme ivmesi değerlerine sahip olmasını sağlamaktadır.
2. Tarım arabalarının sabitlenmesi için kullanılan fren sistemleri, taşımacılıkta traktör araba çiftinin fren etkinliği için de kullanılmalı; bu amaçla operatörün kullanım kolaylığı için tek merkezden kumanda edilebilecek bir çözüm üretilmelidir. Özellikle trafik ve iş güvenliği için bu sonucun gerektirdikleri bir zarurettir.
3. Çalışma kapsamında traktör servisleri ile yapılan görüşmelerde, taşımacılıkta traktör araba çiftlerinde araba frenlerinin kullanılmaması sebebi ile traktör fren sistemlerinin beklenenden erken yıprandığı ve servis ihtiyacı doğurduğu öğrenilmiştir. Bu durum ulusal ekonomi açısından da bir uyarı teşkil etmektedir.
4. Tarım arabasının çift dingil frenlemesinin mümkün olmadığı durumlarda ön dingilden frenlenmesinin, arka dingilden frenleme durumuna göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.
5. İş güvenliği ve iş kazaları kapsamında yapılan okumalar ve sahada yapılan görüşmeler neticesinde; ülkemizde yaşanan traktör tarım arabası kombinasyonu kazalarında frenlemenin kazaya etkisi üzerine herhangi bir çalışmanın olmadığı görülmekte; yaşanan kazaların ne kadarının ideal bir frenleme eksikliğinden ötürü olduğu bilinmemektedir. Genel olarak çiftçilerimiz düşük hızlardan ve kendilerine olan güvenden dolayı traktör ve

tarım arabası fren sistemini önemsememektedirler. Diğer taraftan tarım traktörü ve arabası çifti taşımacılıkta yoğun kullanılmakta ve sıkça bu çiftin karıştığı trafik kazaları gündeme gelmektedir. Dolayısıyla can ve mal güvenliği ve iş verimi açısından fren sistemi tüm taşıtlar için en önemli sistemdir.

6. Yapılan literatür taraması, ülkelerin yasal düzenlemelerinin fiiliyattaki hız ve yük kapasitelerinin gerisinde kaldıklarını, bu durumun kaza riskini ve bakım giderlerini arttırdığını göstermektedir. Yasal düzenlemeler için ilgili meslek kuruluşlarının, odaların ve kurumların çalışma yaparak bir an evvel yasal düzenlemelerin iyileştirilmesi için katkı sağlaması gerekmektedir. Yapılan tez çalışması ve üretilen veriler bu anlamda çok değerlidir.

5.2 Öneriler

Yapılan çalışmaya dönük olarak gelecekte aşağıda maddeler halinde sıralanan ilave incelemeler ve yöntem iyileştirmeleri önerilmektedir.

- Türkiye’de kullanılan tarım arabalarının fren sistemlerinin çeşitli veri tabanlarından, yayınlardan ve raporlardan güncel durumlarının derlenmesi
- Tarım traktörü ve arabası çiftinin karıştığı kazalarda makaslama olayının sıklığının araştırılması
- Traktör araba çiftinin frenlenmesine yönelik traktör fren sistemi ve araba fren sisteminin eş kontrolüne yönelik yasal düzenleme önerisi hazırlanması ve yasal düzenlemelere paralel olarak test standartlarının ve gerekliliklerinin düzenlenmesi
- Traktör araba çiftinin taşımacılıkta kullanım sıklığının araştırılması
- Traktör araba çiftinin frenlenmesinin matematiksel modelinin hazırlanması
- Sahada mevcut faaliyet gösteren traktör araba çiftleri için sonradan entegre edilebilecek çözümlerin araştırılması
- Traktör araba çiftinin fren etkinliğine yönelik yapılan incelemelerde görüntü işlemeden yararlanılarak deneysel belirsizliğin azaltılması

Fren sisteminden kaynaklanan kazaların önüne geçilmesi için aşağıdaki öneriler sıralanabilir:

- Traktör frenleri birbirlerinden bağımsız olarak çalıştırılabilirler. Bu özellik tarlada kullanılabilir fakat taşımacılıkta frenlerin ayrılması traktörden ve

mümkünse tek merkezden etkinleştirilmesi ve beraber çalıştırılması gerekmektedir.

- Traktör ile tarım arabası arasındaki fren bağlantıları mutlaka yapılmalı, tarım arabası katalog değerlerine göre aşırı yüklenmemeli, traktör özelliklerini aşacak sayının üzerinde tarım arabası bağlanmamalıdır.
- Ülkemizde traktör periyodik bakımı yağ, yağ ve hava filtresi değişimi olarak anlaşılmaktadır. Fakat yağ banyolu diskli fren sistemleri traktörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu fren sistemlerinin yağı teknik katalogda belirtilen çalışma saatine göre veya zamana göre vaktinde değiştirilmelidir. Fren sisteminin aynı yağı kullandığı şanzıman yağı kontrol edilmeli, eksiklik var ise katalogda belirtilen yağ ile tamamlanmalıdır. Yapılan bireysel görüşmelerde bu hususlara dikkat edilmediği anlaşılmaktadır.
- İzin verilen taşıma yükünün ve 40 km/s sürüş hızının aşılması römorka zarar verebilir ve trafik güvenliğini tehlikeye atabilir. Yapılan çalışmada özellikle makaslama olayının tarım arabası frensizken gerçekleştiği görülmüştür. Bu nedenle hız ve yük limitlerine azami dikkat edilmelidir. Tarım arabaları genelde azami 8° eğimde çalıştırılmak üzere tasarlanmıştır.
- Traktör ve tarım arabasının pnömatik ve hidrolik sistemlerinin çalışıp çalışmadığı düzenli olarak kontrol edilmelidir. Özellikle hidrolik ve pnömatik devrelerde sızdırmazlık kontrolünün her çalışma öncesinde yapılması tavsiye edilmektedir.
- Tarım arabasına yükü, tüm taban yüzeyine eşit olarak dağıtılmalıdır.
- Fren balataları en az yılda bir kez kontrol edilmeli ve aşındırsa değiştirilmelidir.
- Tarım arabasında yer alan hidrolik devrelerdeki yağ ile traktörde yer alan harici hidrolik sistem yağının aynı tip ve özelliklerde olması tavsiye edilmektedir.
- Mümkün olduğunda fren izlerinden ve çalışma şeklinde tekerlerin frenlenmesinin eşit miktarda olduğundan emin olunmalıdır.

KAYNAKLAR

- (TSE), T. S. E., 2015, Tarım römorkları. TS 585.
- Ahokas, J. ve Kosonen, S., 2003, Dynamic behaviour of a tractor-trailer combination during braking, *Biosystems Engineering*, 85 (1), 29-39.
- Akbolat, D., Evren, N. ve YILMAZ, Ş., 2007, Isparta il sınırları içinde 1995-2003 yılları arasında meydana gelen traktör ve tarım iş makineleri kazalarının değerlendirilmesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 7-14.
- Alçayır, A., 2018, Konya ili Çumra ilçesi tarım işletmelerinde meydana gelen traktör ve tarım makineleri kaynaklı iş kazalarının belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi*, 59.
- Anonim, 2014, Tarım Ve Orman Araçlarının Tip Onayı Ve Piyasa Gözetimi Ve Denetimi Hakkında Yönetmelik (AB/167/2013), *Resmi Gazete* (29088).
- Anonim, 2019, Tarımsal Alet ve Makine İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>:
- Anonim, 2021, Tarımsal Alet ve Makine İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>:
- Baydaş, F. ve Altuntaş, E., 2017, Türkiye'deki bazı yörelere ait traktör ve tarım makinaları kullanımından kaynaklanan iş kazalarına ait sonuçların değerlendirilmesi, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6 (1), 33-45.
- Bayrak, E. ve Karabulut, A., 2001, Bir Dingilli Tarım Arabaları Fren Etkinlik Derecesinin Artırılması Üzerine Bir Araştırma, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1 (2), 109-118.
- Bayrakçeken, H. ve Düzgün, M., 2005, Taşıtlarda fren verimi ve frenleme mesafesi analizi, *Politeknik Dergisi*, 8 (2), 153-160.
- Bernhardt, J. H. ve Langley, R. L., 1992, Accidental occupational farm fatalities in North Carolina: 1984 to 1988, *The Journal of Rural Health*, 8 (1), 60-69.
- Beyaz, A., Beyaz, R. ve Gerdan, D., 2015, FARKLI MODEL TRAKTÖR KULLANIMININ VERDİĞİ GÜVEN DÜZEYİNİN GALVANİK DERİ TEPKİSİ SENSÖRÜ KULLANILARAK BELİRLENMESİ, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3 (3), 133-139.
- Bülbül, H., 2006, Ankara'nın Bazı İlçelerinde Tarım Alet ve Makinaları ile Çalışmada Gerçekleşen İş Kazalarının İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Ankara Üniversitesi*, Ankara.
- Demir, F. ve Çarman, K., 1996, Yerli yapım çift dingilli tarım arabalarının statik durumda frenleme etkinliğinin saptanması, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (12), 106-113.
- Doğan, H., 1992, Çukurova bölgesinde tarımsal mekanizasyon iş güvenliği sorunları üzerine bir araştırma, *Çukurova Üniversitesi*, Adana.
- Dwyer, M., 1970, The braking performance of tractor-trailer combinations, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 15 (2), 148-162.
- Eken, Ö., 2011, Ticari araçlarda frenleme dinamiği ece regülasyonları kapsamında test ayrıntıları, *Yıldız Teknik*, İstanbul, 104.
- Ekinci, Ş., 2011, Bahçe traktörlerinde kullanılan bazı muharrik lastiklerin yapısal ve işletme özelliklerinin çeki performansına etkisi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya, 159.
- Ekingen, O., 2012, Ağır Ticari Taşıtlarda Kullanılan Kampanalı Frenlerde Fren Titreşimleri, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 69.

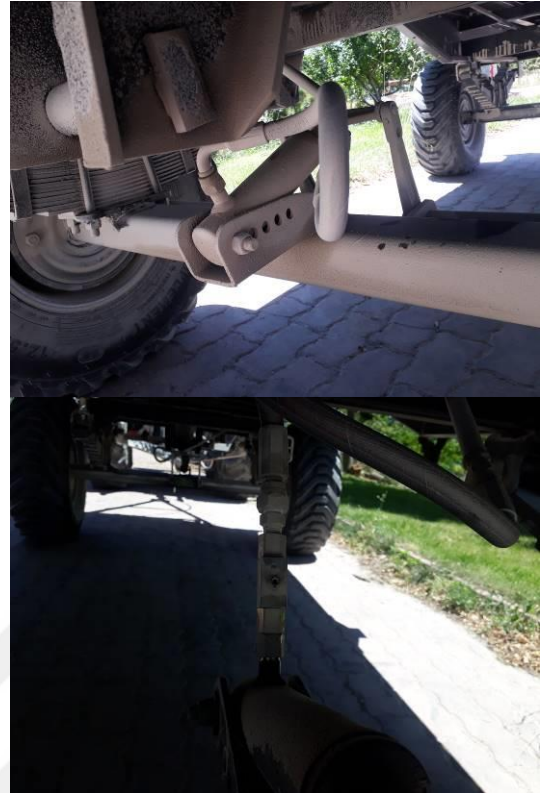
- Erdem, M. ve Altıparmak, D., 2014, FREN DİSK SICAKLIĞININ FRENLEME PERFORMANSINA ETKİSİ, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 425-432.
- Gökten, A. G., Güney, A. ve Ereke, M., 1995, TAŞIT FRENLERİ, *İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi*, p.
- Gölbaşı, M., 2002, Tarım alet-makine ve traktörlerin kullanımından kaynaklanan iş kazaları nedenlerinin ve tahmini kaza maliyetleri indeksinin belirlenmesi, *Ankara Üniversitesi*, Ankara.
- Gücelioğlu, U., 1996, Ülkemizde imal edilen bazı tarım arabalarının fren sistemleri üzerine bir araştırma, *Trakya Üniversitesi*, Tekirdağ, 61.
- Güney, B. ve Mutlu, İ., 2015, Taşıtlarda AB ve ABD’nde uygulanan fren test standartlarının incelenmesi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (1), 7-16.
- Hard, D. L., Myers, J. R. ve Gerberich, S. G., 2002, Traumatic injuries in agriculture, *Journal of agricultural safety and health*, 8 (1), 51.
- Hoffmann, H., 1986, Über die Bremssicherheit landwirtschaftlicher Züge auf der Strasse und im Gelände: Bericht aus dem Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TH Darmstadt, VDI-Verlag, p.
- Kabir, M. S. N., Chung, S.-O., Kim, Y.-J. ve Shin, S.-H., 2014, Comparison of Test Standards for the Performance and Safety of Agricultural Tractors: A Review, *Journal of Biosystems Engineering*, 39 (3), 158-165.
- Kamiński, Z. ve Czaban, J., 2012, Diagnosing of the agricultural tractor braking system within approval tests, *Eksplotacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 14 (4), 319-326.
- Koyuncu, T., 1992, Bir dingilli tarım arabalarında çarpma fren etkinliğinin artırılması üzerinde bir araştırma, *Ankara Üniversitesi*, Ankara, 64.
- Lehtola, C. J., 1992, An investigation of tractor-related farm accidents in Iowa during 1988-1990, *Iowa State University*.
- Mukherjee, A. ve Ping, C., 2008, Agricultural machinery safety—a perpetual theme of human society, *Global Agricultural Safety Forum, Rome, Italy*, 1-11.
- Murphy, D. J., Myers, J., McKenzie Jr, E., Cavaletto, R., May, J. ve Sorensen, J., 2010, Tractors and rollover protection in the United States, *Journal of agromedicine*, 15 (3), 249-263.
- Myers, J. R., Layne, L. A. ve Marsh, S. M., 2009, Injuries and fatalities to US farmers and farm workers 55 years and older, *American journal of industrial medicine*, 52 (3), 185-194.
- Nastasiu, M. ve Ispas, N., 2014, Comparative analysis into the tractor-trailer braking dynamics: tractor with single axle brakes, tractor with all wheel brakes, *Central European Journal of Engineering*, 4 (2), 142-147.
- Owen, G., 1987, A comparison of the effects of different types of tractor wheel chains on braking performance of tractors, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 37 (3-4), 229-234.
- Örnek, M. N., 1996, Konya'da imal edilen iki dingilli tarım arabasının traktörle kombinasyonunda frenleme etkinliğinin belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya, 62.
- Örnek, M. N. ve Demir, F., 2011, İki Dingilli Tarım Arabasının Statik ve Dinamik Durumda Frenleme Etkinliğinin Belirlenmesi, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25 (3), 104-109.

- Öz, E., 2005, Ege Bölgesi'nde meydana gelen traktör kazalarının tarımsal iş güvenliği açısından değerlendirilmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (2), 191-202.
- Peker, A. ve Özkan, A., 1994, 1993 Yılları arasında Karaman yöresinde meydana gelen traktör ve tarım iş makineleri kazalarının değerlendirilmesi, *Tarımsal mekanizasyon*, 15, 20-22.
- Perktaş, M., 2007, Türkiye’de traktörlerin karıştığı trafik kazalarının değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Saral, A., 1984, Tarım Traktörleri No: 948, Ankara, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, p. 152-187.
- Scarlett, A., 2009, In-service assessment of agricultural trailer and trailed appliance braking system condition and performance. The agricultural trailer braking study, *RR697 Research report for the Health and Safety Executive (HSE)*, Scarlett
- Scarlett, A. ve Knight, I., 2017, Response to Comments raised by CEMA and other Stakeholders at/following the 108th WGAT meeting – Brussels, 25th Sept 2017, *Transport Research Laboratory*.
- Scarlett, A., Knight, I. M. ve Morgan, P. A., 2017, Study on the availability of anti-lock braking systems for agricultural and forestry vehicles with a maximum design speed between 40 km/h and 60 km/h, *Transport Research Laboratory, Brussels*.
- Takahashi, T., Hada, M., Oyama, K. ve Sakai, H., 2004, New model of tire overturning moment characteristics and analysis of their influence on vehicle rollover behavior, *Vehicle System Dynamics*, 42 (1-2), 109-118.
- Terzi, S., Kardeşahin, M., Saltan, M., Tuncuk, M., Ertem, F. S., Yılmaz, A., Varış, M. ve Taciroğlu, M., 2009, Birden fazla tabakalı sathi kaplamaların fiziksel özelliklerinin araştırılması, *5.Ulusal Asfalt Sempozyumu*, Ankara, 163-172.
- Tiwari, P., Gite, L., Dubey, A. ve Kot, L., 2002, Agricultural injuries in Central India: nature, magnitude, and economic impact, *Journal of agricultural safety and health*, 8 (1), 95.
- Trichopoulos, D., Petridou, E., Spyridopoulos, T. ve Alexe, D. M., 2004, The magnitude and spectrum of farm injuries in the European Union countries, *Avrupa Birliği Sağlık Güvenlik Komitesi (HSC)*, Greece.
- Ünal, H. G., Yaman, K. ve Gök, A., 2008, Türkiye'de Tarımsal İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları'nın Maliyeti Üzerine Bir Araştırma.
- Yıldırım, C. ve Altuntaş, E., 2015, Tokat ilinde traktör ve tarım makinaları kullanımından kaynaklanan iş kazalarının iş güvenliği açısından değerlendirilmesi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (1), 77-90.
- Yücel, S., 2012, Erzurum ilinde traktör ve alet-makine kullanımı sırasında oluşan kazalar ve sonuçları üzerine bir araştırma, *Atatürk Üniversitesi*, Erzurum.

EKLER**EK-1 Uygulama Fotoğrafları.**







ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hakan AYKAN
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Polatlı Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	1994
Üniversite	: Selçuk üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi	2011
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
1995-1996	Hema Dişli Sanayi	Teknisyen
1999-2013	Hava Kuvvetleri Komutanlığı	Teknik Astsubay

UZMANLIK ALANI

İçten yanmalı motorlar, Taşıt mekaniği

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Aykan, H., Ekinci, Ş. ve Çarman, K., 2021, A Test Scheme for Braking Performance Assessment of Tractor Trailer Combination Regarding Current Regulations, 5th International Conference on Engineering Technologies (ICENTE 2021), Konya.