

# 6x2 Kamyon Arka Dingil Grubunun Fren Performansına Etkisi ve Daha İyi Fren Performansı İçin Öneriler

Alpay LÖK

Makina Yüksek Mühendisi, [alpav@frenteknik.com](mailto:alpav@frenteknik.com)

Tuncay AVUNÇ

Makina Yüksek Mühendisi, [tuncayavunc@gmail.com](mailto:tuncayavunc@gmail.com)

## ÖZET

*Taşıtların karayollarında emniyetli olarak sürülmesinde en önemli pay taşıtlarda kullanılan fren sistemlerinin taşıt dinamiğine uygun olarak tasarlanmasıdır. Karayolu taşımacılığında çok önemli yere sahip kamyonlarda kullanılan arka dingil grubu (tandem aks) süspansiyonları, taşıt fren performansını etkilemektedir.*

*Bu çalışmada kamyonlarda kullanılan arka dingil grubu süspansiyonları, bu süspansiyonların dinamik davranışları ve frenlemeye etkileri ele alınarak daha iyi fren etkinliğinin elde edilebilmesi için öneriler ortaya konulmuştur.*

*Anahtar Kelimeler : Tandem aks süspansiyonları, dinamik dingil yükleri, 6x2 kamyon ABS fren sistemi uygulamaları*

## ABSTRACT

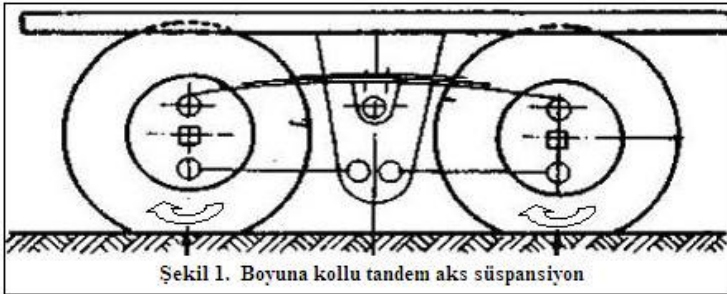
*Braking system is the most important safety factor for road vehicles and must be designed in accordance with the vehicle dynamic. Tandem axle constructions used in trucks that are very important for road transportation, affect vehicle's braking performance.*

*In this study, tandem axle constructions, their dynamics and affects to braking performance are considered and some recommendations are made for better braking performance.*

*Keywords : Tandem axle suspensions, dynamic axle loads, 6x2 truck ABS braking system applications*

## GİRİŞ

Çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılan ve hayatımızın vazgeçilmezi olan karayolu taşıtları öncelikle insanların can ve mal güvenliğini koruyacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu bağlamda, taşıt emniyetinde en önemli yere sahip fren sistemine, karayolu taşıtlarından kamyonlarda kullanılan arka dingil grubu süspansiyonlarının dinamik davranışının etkisi doğru ele alınarak incelenmeli ve fren sistemleri bu doğrultuda tasarlanmalıdır.

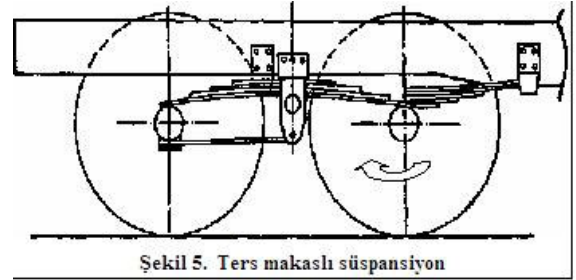
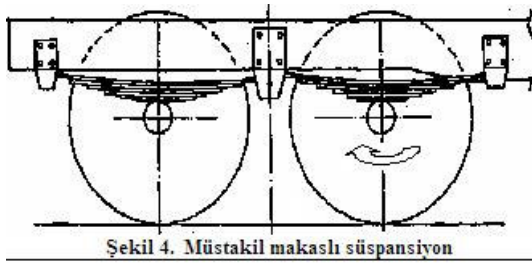
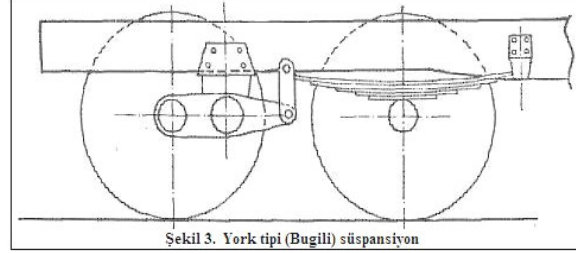
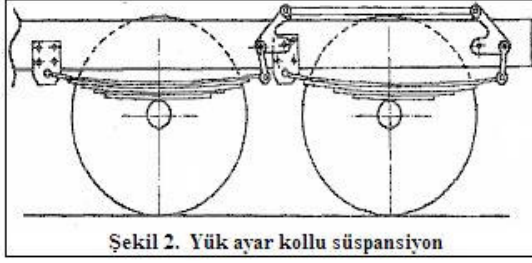


Şekil 1. Boyuna kollu tandem aks süspansiyon

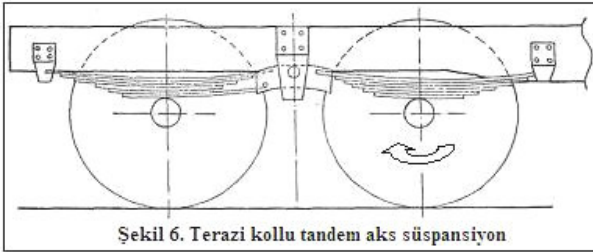
Kamyonlarda kullanılan arka dingil grubu süspansiyonları farklı amaçlar için kullanılmakta ve bu amaca göre çalışma koşulları değişebilmektedir. Kamyonlar çeşitli amaçlar doğrultusunda iki, üç veya dört dingilli olarak kullanılırken,

iki dingilli olarak üretilmiş kamyonlara üçüncü dingil ilave edilerek yük taşıma kapasiteleri artırılabilir. Şekil1'de her iki aksı da tahrikli boyuna kollu tandem aks konstrüksiyonu gösterilmiştir.

Üçüncü dingili genellikle tahrikli olmayan ve ülkemizde bir dönem 6x2 kamyonlarda kullanılan süspansiyonlardan yük ayar kolu süspansiyon Şekil 2’de gösterilirken, york tipi süspansiyon Şekil 3’te gösterilmiştir. Şekil 4’te müstakil makaslı süspansiyon, Şekil 5’te ise ters makaslı süspansiyon sistemleri gösterilmiştir.



Yukarıda gösterilen süspansiyon sistemlerinde üçüncü dingil genel olarak tahrik edilmezken, ülkemizdeki kullanımları yaygın değildir.



Şekil 6’ da ülkemizde son dönemlerde yaygın olarak kullanılan çift makaslı dengeli (terazi kolu tandem aks) süspansiyon gösterilmiştir. Bu sistem taşıtın üretim aşamasında veya iki dingilli olarak üretilen taşıtlara üçüncü dingil montajı sonrası yer almaktadır.

Bu sistemin ülkemizde yaygın olmasının bir takım

nedenleri vardır, bunlar; sistem maliyetinin ucuzluğu, statik durumda tahrikli dingile daha fazla yük verilmesi ile (yaklaşık %55-60) patinaj riskinin azaltılması ve sistemin sürücü isteklerine cevap verebilmesi olarak sayılabilir. Ancak taşıtın frenlenmesi sırasında arzu edilen yük dağılımı gerçekte statik durumda öngörüldüğü gibi olmamakta ve fren performansı etkilenmektedir. Bu süspansiyona sahip taşıtların fren sistemleri dinamik dingil yükü hesapları bölümünde de açıklanacağı üzere dinamik durumdaki ikinci ve üçüncü dingil yük dağılımı statik durumdaki dağılıma göre tasarlanmaktadır ancak gerçekte fren sırasında ikinci ve üçüncü dingilin yük dağılımları statik durumdaki gibi olmamaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde ağır taşıtlarda havalı süspansiyon kullanımı da giderek yaygınlaşmakta ve bu süspansiyonlarda arzu edilen yük dağılımı statik ve dinamik durumlarda elde edilebilmektedir. Bir başka deyişle süspansiyon sisteminin taşıt fren performansına etkisi yoktur.

## I. FRENLEME SIRASINDA OLUŞAN DİNGİL YÜKLERİ (DİNAMİK YÜKLER) [1], [2], [3], 4]

Taşıtın frenlenmesi sırasında oluşan dingil yükleri fren momentlerinin yarattığı etki ile değişmektedir. Örneğin iki akslı bir taşıtta fren momentinin yarattığı etki ile arka aks yükü azalır, buna karşılık ön aks yükü artar. Üç akslı taşıtlarda ise yine arka dingil grubu toplam yükü azalmakta, ön aks yükü artmaktadır ancak arka dingil grubunun kendi içindeki yük dağılımı taşıtta kullanılan süspansiyonun karakteristiğine göre değişebilmektedir. Bir başka deyişle bazı süspansiyonlarda arzu edilen yük dağılımı sadece statik durumda elde edilmektedir. Örneğin, daha önce bahsedilen terazi kollu tandem aks süspansiyonu taşıtın frenlenmesi sırasında fren momentlerinin yarattığı etki ile yük dağılımını kendi içinde ikinci dingilden üçüncü dingile aktarıırken, boyuna kollu tandem aks veya havalı süspansiyonlarda böyle bir etki meydana gelmemektedir.

### a) Boyuna Kollu Tandem Aks Dinamik Dingil Yükleri (Şekil 6)

Genellikle tandem dingil grubunun her iki dingilinin de tahrikli olduğu durumlarda kullanılan boyuna kollu tandem akslarda ön dingilin yükü artarken, arka dingil grubunun yükü azalmaktadır. Aşağıda verilen formüllerde (1-4) görüldüğü gibi ikinci ve üçüncü dingil, arka dingil grubunun yükünü fren kuvvetlerinin etkisi olmaksızın tandem orta noktasının dingillere olan mesafesi aynı olduğunda eşit, farklı olduğunda yük dağılım oranı değişmeksizin paylaşmaktadır.

G : Taşıt ağırlığı [N], z : Frenleme oranı (a/g) [-], h : Ağırlık merkezinin yerden yüksekliği [m],

L : Ön dingil ile arka dingil grubu bağlantı noktası arasındaki mesafe [m],

$l_6$  : Ağırlık merkezinin ön dingile olan mesafesi [m],  $P_A$  : Arka dingil grubu toplam yükü [m],

$P_2$  : İkinci dingil yükü [N],  $P_3$  : Üçüncü dingil yükü [N], (Yük dağılımı %55-%45)

$$P_A = \frac{G.l_6}{L} - \frac{G.z.h}{L} \quad (1)$$

$$P_2 = 0,55.P_A \quad (2)$$

$$P_3 = 0,45.P_A \quad (3)$$

$$P_1 = G - P_A \quad (4)$$

### b) Çift Makash Dengeli (Terazi Kollu Tandem Aks) Süspansiyon Dinamik Dingil Yükleri (Şekil 1, Şekil 7)

Şekil 7'de terazi kollu tandem aks süspansiyonuna sahip bir taşıtta fren sırasında oluşan kuvvetler gösterilmiştir. Bu durumda beklendiği gibi ön dingilin yükü artarken, arka dingil grubunun yükü azalmaktadır ancak arka dingil grubu kendi içinde

incelendiğinde, aşağıda verilen formüllerde (5-9) görüldüğü gibi süspansiyon sisteminin yarattığı etki ile ikinci dingilin yükü azalırken üçüncü dingilin yükü artmaktadır.

$G$  : Taşıt ağırlığı [N],  $z$  : Frenleme oranı ( $a/g$ ) [-],  $h$  : Ağırlık merkezinin yerden yüksekliği [-],

$L$  : Ön dingil ile arka dingil grubu bağlantı noktası arasındaki mesafe [m] ;

$l_0$  : Ağırlık merkezinin ön dingile olan mesafesi [m] ,  $L_m$  : İkinci ve üçüncü dingil arası mesafe [m]

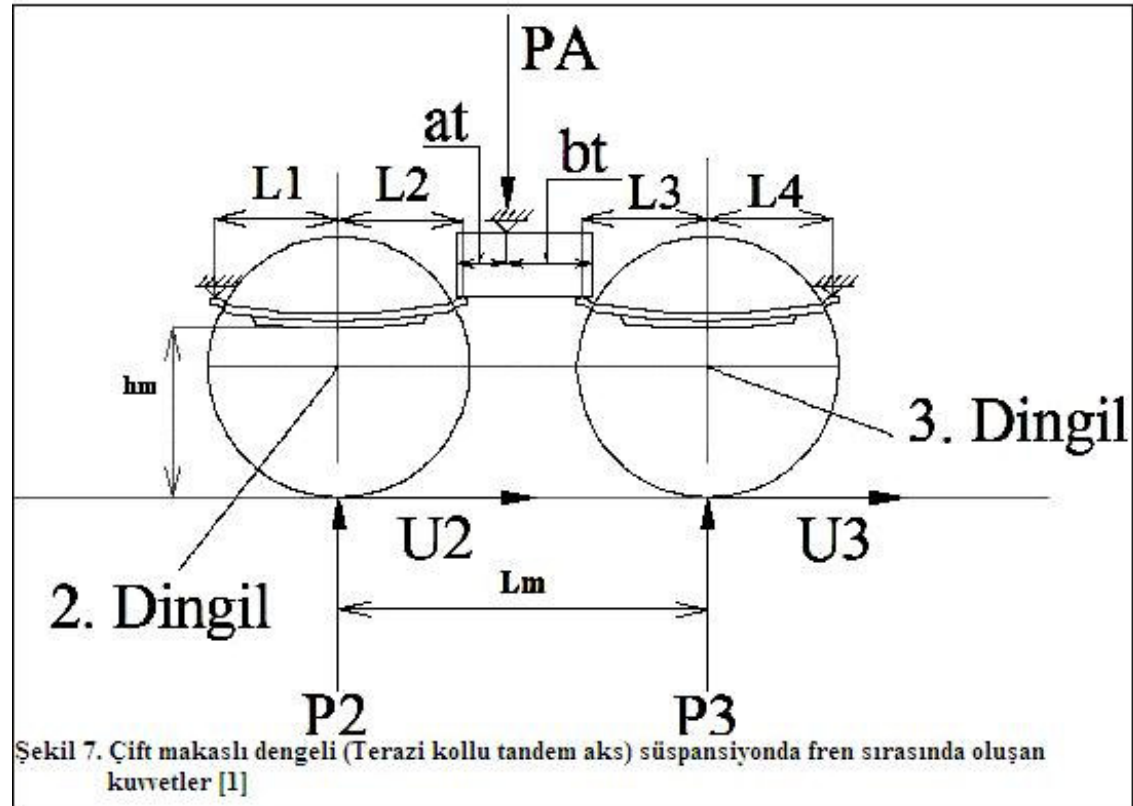
$r$  : Dinamik lastik yarıçapı [m],  $h_m$  : Makas orta noktasının yerden yüksekliği [m] \* ( $h_m = r$  alınmıştır)

$a_t$  : Terazileme çubuğunun ikinci dingile mesafesi [m],  $b_t$  : Terazileme çubuğunun üçüncü dingile olan mesafesi [m] ;

$P_A$  : Arka dingil grubu toplam yükü [N],  $P_2$  : İkinci dingil yükü [N],  $P_3$  : Üçüncü dingil yükü [N];

$U_2$  : İkinci dingil fren kuvveti [N],  $U_3$  : Üçüncü dingil fren kuv. [N],  $U_t$  : İkinci ve üçüncü dingil fren kuvvetleri toplamı [N]

$L_1, L_2, L_3, L_4$  : Makas orta noktasından terazileme çubuğu ve sabit mafsala olan mesafeler



$$P_A = \frac{G.l_0}{L} - \frac{G.z.h}{L} - \frac{U_t.r.L_m}{2.L.(L_1)} \quad (5)$$

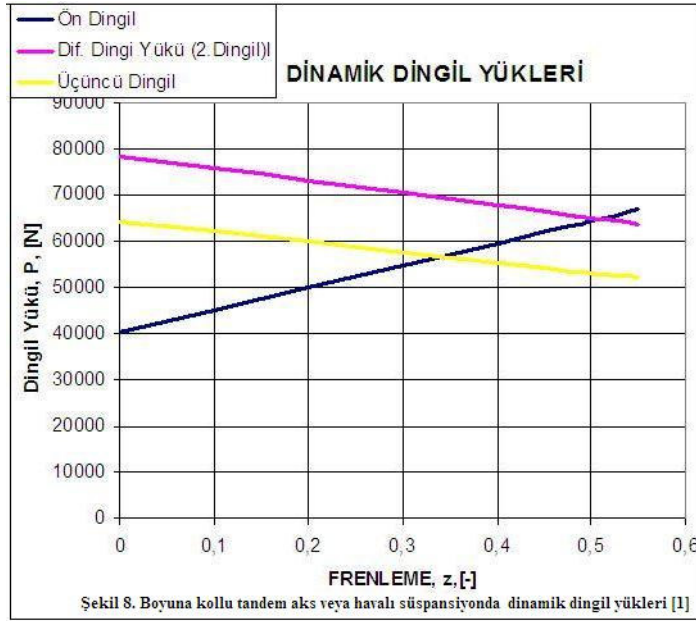
$$P_2 = \frac{P_A.b_t}{(a_t + b_t)} - \frac{U_t.r}{2.L_1} \quad (6)$$

$$P_3 = P_A - P_2 \quad (7)$$

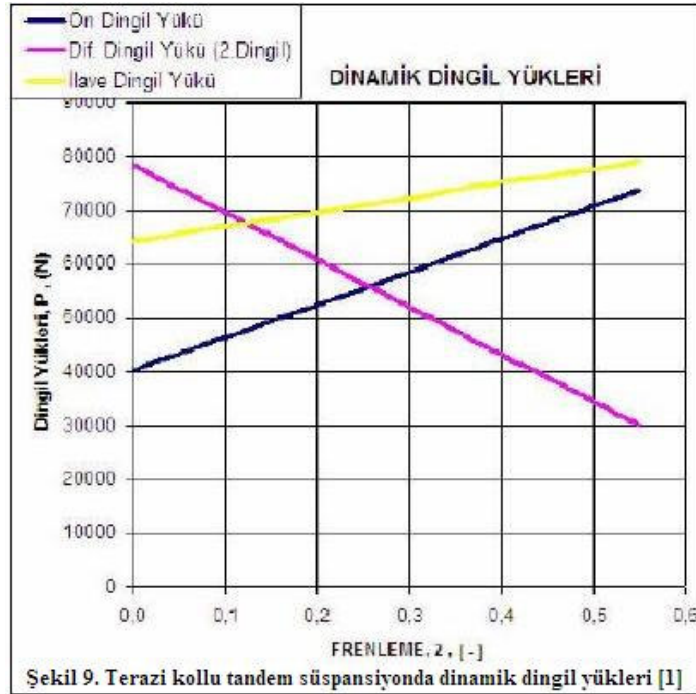
$$P_1 = G - P_A \quad (8)$$

$$U_t = U_2 + U_3 \quad (9)$$

### c) Dingil Yüklerinin Karşılaştırılması



Şekil 8. Boyuna kolu tandem aks veya havalı süspansiyonda dinamik dingil yükleri [1]



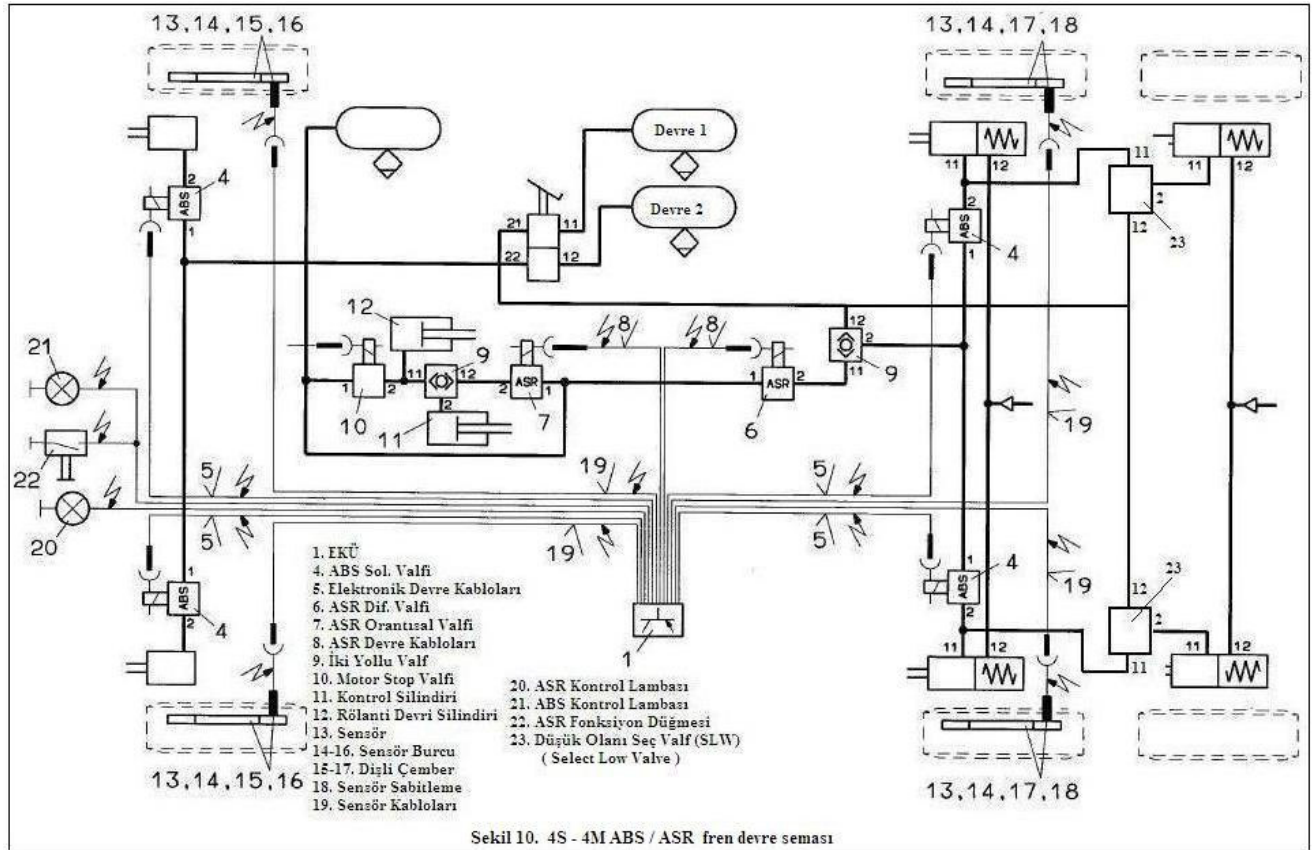
Şekil 9. Terazi kolu tandem süspansiyonda dinamik dingil yükleri [1]

Şekil 8'de verilen grafik boyuna kolu tandem aks veya havalı süspansiyona sahip tam dolu örnek bir taşıtta fren sırasında meydana gelen dingil yüklerin değişimini göstermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere, ön dingil yükü artmakta ikinci ve üçüncü dingil yükleri azalmaktadır. Grafikten de görüldüğü gibi havalı veya boyuna kolu tandem aks süspansiyonlarda, statik durumda arzu edilen yük dağılımı dinamik durumda da sağlanmaktadır.

Şekil 9'da verilen grafikte ise terazi kolu tandem aks süspansiyona sahip tam dolu örnek bir taşıtta fren sırasında meydana gelen dingil yüklerinin değişimini göstermektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere, ön dingil yükü artmakta arka dingil grubu toplam yükü azalmaktadır. Ancak ikinci ve üçüncü dingillere bakıldığında, üçüncü dingil yükü artarken ikinci dingil yükü büyük oranda azalmakta, bir başka deyişle yükünü süspansiyonun yarattığı etki ile üçüncü dingile aktarmaktadır. (Yük dağılımı %55 - %45)

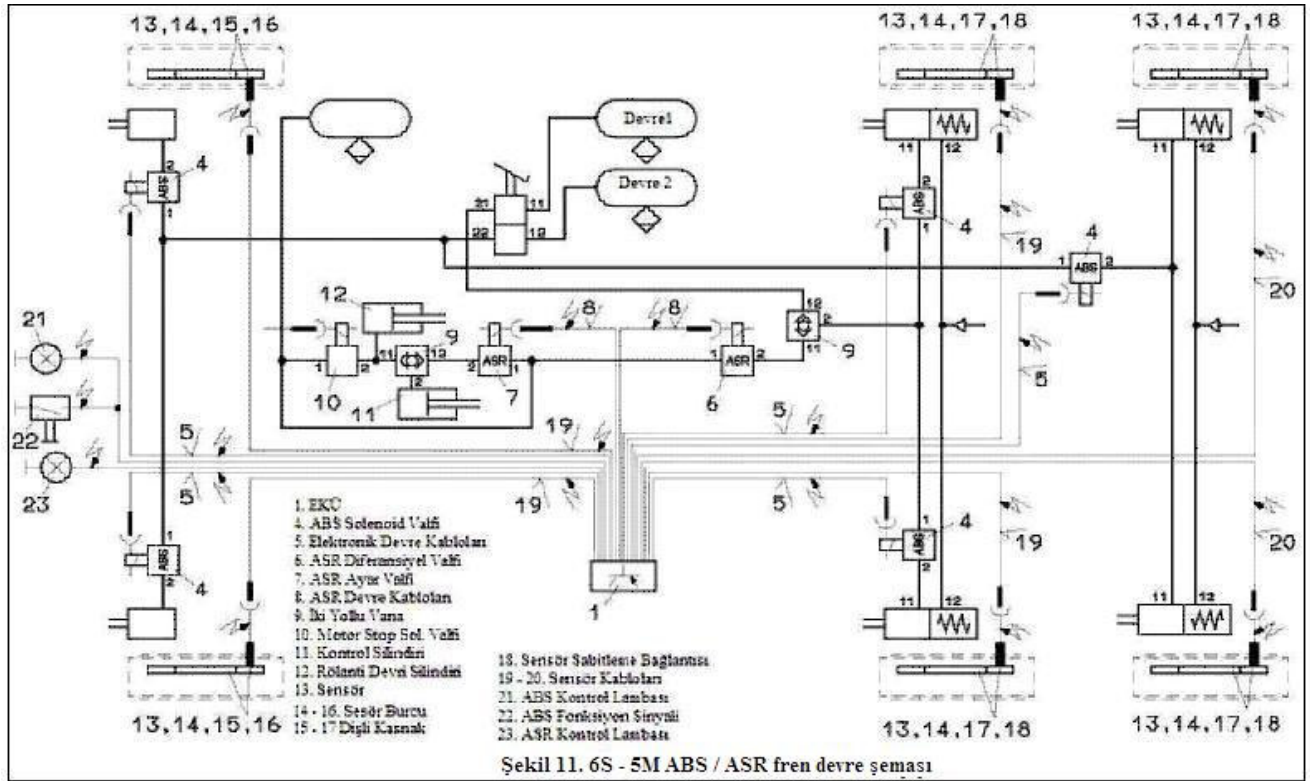
## d) Ülkemiz 6x2 kamyonlarında kullanılan ABS ve ASR'li Fren Sistemi Devre Şeması

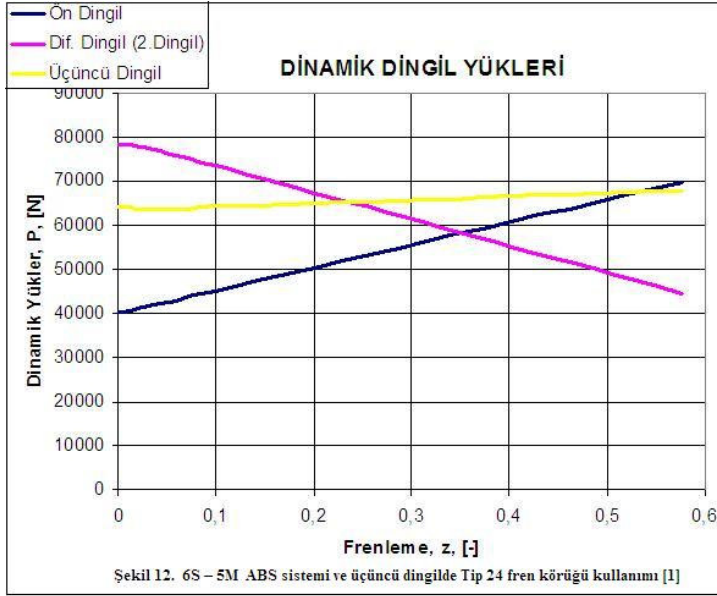
Şekil 10'da gösterilen fren devresi ülkemizde genellikle 6x2 kamyonlarda kullanılmaktadır. Şekilden de görülebileceği gibi, üçüncü dingilin ABS kontrolü ikinci dingil verileri ile sağlanmaktadır. 4S – 4M ABS adımı alan sistemde ön ve arka dingil tekerleklerindeki 4 sensör ve 4 modülatör yardımı ile tüm tekerleklerin blokaj durumu kontrol edilmektedir. Bir başka deyişle, üçüncü dingil dolaylı olarak kontrol edilmektedir. Dinamik dingil yükleri bölümünde bahsedildiği üzere, ülkemizde yaygın bir kullanım alanına sahip terazi kollu tandem aks süspansiyonuna sahip bir taşıt fren yaptığı sırada ikinci dingil yük kaybettiği için üçüncü dingilden önce bloke olma sınırına yaklaşacaktır. Bu durumda ikinci dingilin ABS sistemi devreye girecek ve dingil tekerleklerinin bloke olması önlenmeye çalışılacaktır. Bu durumda, üçüncü dingil yükünü statik duruma göre daha da arttırdığına göre bloke olma sınırına uzak kalacak ancak, ABS kontrolü ikinci dingil üzerinden sağlandığı için fren yapamayacaktır. Bu durumda da taşıt yapabileceği azami frenlemeyi gerçekleştiremeyecek, yani üçüncü dingilde fren kuvveti rezervi bulunacaktır. Bunun sonucunda taşıt Şekil 8'de gösterilen süspansiyon örneğine göre daha uzun bir fren mesafesinin ardından durabilecektir.



## II. FREN PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN ÜÇÜNCÜ DİNGİLDE BAĞIMSIZ ABS MODÜLATÖRÜ KULLANILMASI

Ülkemizde kullanılmakta olan 6x2 kamyonlarda genellikle üçüncü dingilin ABS kontrolü ikinci dingil sensöründen okunan bilgiler ile yani dolaylı olarak yapılmaktadır (4S – 4M). Bu, statik durumda öngörülen yük dağılımı için doğru bir yorumdur ancak fren yapmakta olan bir taşıtta yük dağılımının süspansiyonun yarattığı etki ile değişen terazi kollu tandem aks süspansiyonunda 4S–4M ABS (Şekil 10) sistemini kullanmak, ikinci dingil tekerleklerinin üçüncü dingile göre daha az yük taşıyıp daha fazla bloke olma riskine sahip olması nedeniyle doğru bir yorum olmaktan çıkmaktadır. Bir başka deyişle üçüncü dingil tekerlekleri bloke olma riskine uzak olduğu halde ikinci dingilin ABS modülâtörü tarafından fren basıncının düşürülmesi ile frenleme yapamamakta böylelikle taşıtın toplam fren performansı düşmektedir. Bu durumda taşıtta üçüncü dingilin bloke olma durumunu bağımsız olarak kontrol edebilecek ayrı bir veya iki ABS modülâtörü eklenmesi yani 6S–5M veya 6S – 6M ABS sistemi kullanılması fren performansı açısından daha iyi sonuçlar verecektir. Şekil 11’de bu sistemlerden 6S – 5M ABS fren devre şeması gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, üçüncü dingilin her iki tekerleği bağımsız bir ABS Modülâtörü ile kontrol edilmektedir.





Fren devre şeması Şekil 11’de gösterilen 6S – 5M ABS sistemi, daha önce dinamik dingil yükleri Şekil 8 ve 9’da verilen aynı taşıtın üçüncü dingil fren körüğü TİP 24 olarak değiştirildiği durum için taşıtta kullanıldığında, fren sırasında dinamik dingil yükleri değişimi Şekil 12’ de gösterilmiştir.

Tablo 1’de ise ön ve ikinci dingil frenleri disk, üçüncü dingil freni kampanalı olan tam dolu bir taşıta Şekil 11’de gösterilen 6S – 5M ABS sisteminin veya aynı taşıt

verileriyle alternatif süspansiyon kullanımının fren performansları açısından karşılaştırılmasına ait sayısal veriler gösterilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi, taşıt ilk durumda 4S – 4M ABS sistemine ve üçüncü dingilde TİP 16 fren körüğüne sahip iken, ikinci durumda taşıt 6S – 5M ABS sistemine ve üçüncü dingilde TİP 24 fren körüğüne sahiptir. Bu durumda daha önce bahsedilen rezerv fren kuvvetlerinden fren körüğü çapının da büyütülmesi ile daha büyük oranda yararlanılması düşünülmüştür. Üçüncü olarak gösterilen alternatif süspansiyon ise, yük dağılımın %55-45 olarak dağıtıldığı havalı veya boyuna kollu tandem aks süspansiyonlarında 4S – 4M ABS sistemi ve üçüncü dingilde TİP 16 fren körüğü kullanılması durumundaki sayısal veriler gösterilmiştir. Tabloda “Min.” olarak disk veya balata arasındaki sürtünme katsayısı  $\mu$  0,30, “Mak.” olarak da 0,40 kabul edildiği durumlar ifade edilmiştir.

	Mevcut Sistem Azami Frenleme Oranı $a$ , [m/s <sup>2</sup> ]		3. Dingilde TİP 24 Fren Körüğü ve Bağımsız ABS Modülörü ile Azami Fren İvmesi $a$ , [m/s <sup>2</sup> ]		Alternatif Süspansiyon ile Azami Fren İvmesi $a$ , [m/s <sup>2</sup> ]	
	4S – 4M ABS Tip 16 Fren Körüğü		6S – 5M ABS, Tip24 Fren Körüğü		4S – 4M ABS	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
DOLU Taşıt	5,69	6,18	6,28	7,14	6,18	6,98
İvme Farkı	--	--	0,59	0,96	0,47	0,8
İyileşme, %	--	--	10,37	15,53	8,26	12,94

Tabodaki verilerden de anlaşılacağı üzere, 6S – 5M ABS Sistemi kullanımının üçüncü dingil fren körüğünün de büyütülmesi ile taşıt fren performansına % 10,37 ila %15,53 arasında iyileşme getireceği açıktır. Bir başka deyişle taşıt 4S – 4M ABS Sistemine göre daha kısa fren mesafelerinde durabilecektir.



Sonuç olarak, ülkemiz trafik güvenliği ve insanların can ve mal güvenliklerinin temini için karayollarında büyük bir kullanım alanına sahip ve terazi kollu tandem aks süspansiyon kullanan 6x2 kamyonların kullanılmayan fren kuvveti rezervlerinden mümkün olduğunca azami derecede faydalanabilmek için 6S – 5M veya 6S – 6M ABS Fren Sistemini kullanması sağlanmalıdır.

## SONUÇ

Yukarıda detaylı olarak anlatıldığı üzere, ülkemizde yaygın bir kullanım alanına sahip terazi kollu tandem aks süspansiyonu taşıtın frenlenmesi sırasında fren performansı açısından iyi sonuçlar vermemektedir. Ülkemiz fren mevzuatı 71/320/AT, N3 sınıfı kamyonların en az  $5\text{m/s}^2$  'lik ortalama azami fren ivmesini (MFDD) yeterli görmekte, bahsedilen süspansiyona sahip taşıtlar bu yönetmeliği alt sınır değerine yakın mertebelerde sağlamakta ve trafikte seyretmektedir. Ancak çok küçük durma mesafesi iyileşmelerinin dahi insanların can ve mal güvenliklerini arttırabileceği düşünüldüğünde fren sisteminden azami derecede en kısa ve güvenli durma mesafesi sağlanacak şekilde yararlanılmalıdır. Bu durum göz önüne alındığında, daha iyi fren performansı elde etmek, bir başka deyişle daha kısa fren mesafelerine erişebilmek için, ya mevcut süspansiyon sisteminde bir değişime ya da fren sisteminde bir donanım değişikliğine gidilmelidir. Pazar durumu ve sürücü istekleri göz önüne alındığında süspansiyon sisteminin tamamen değiştirilmesi oldukça zor ve süreç gerektiren bir durumdur. İkinci alternatif olarak verilen fren sistemi donanım değişikliği ise ülkemiz için daha isabetli bir çözüm olacaktır. Burada bahsedilen donanım değişikliği üçüncü dingilin ABS sistemini tamamen bağımsız olarak kontrol edebilecek, bir başka deyişle ikinci dingil verilerinden kontrol edilmeyen 6S-5M veya 6S – 6M ABS sisteminin taşıtlara uygulanmasıdır. Böylelikle üçüncü dingilde rezerv olarak kalan ve kullanılmayan fren kuvveti ikinci dingil blokaj sınırına yaklaşmış olsa dahi kullanılacak ve taşıt fren ivmesinde iyileşme, fren mesafesinde kısalma elde edilecektir.

## KAYNAKÇA

1. AVUNÇ, T., Ağır Ticari Taşıtların Fren Sistemleri Tasarımı, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2007.*
2. MITSCHKE, M., Dynamik Der Kraftfahrzeuge – Band A – Antrieb und Bremsung, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg Newyork,1982.
3. MITSCHKE, M., Untersuchungen über die Dauerbremsung von Last und Sattelzügen, Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universitaet Braunschweig, 1974.
4. ÖZBAY, M., TÜRKBAŞ, S., Yük Çekiciler ve Yarı – römork Karayolu Taşıtları, *Mühendis ve Makina Dergisi*, Cilt:29, Sayı:340, 1988.
5. <http://www.wabco.de>