



Havalı Fren Sistemi — Teknik Kılavuz

Ağır ticari araçların havalı fren sistemine dair eksiksiz ve anlaşılır bir başvuru kaynağı — her devre ve bileşen açıklamalı, arıza teşhis ve bakım dahil.

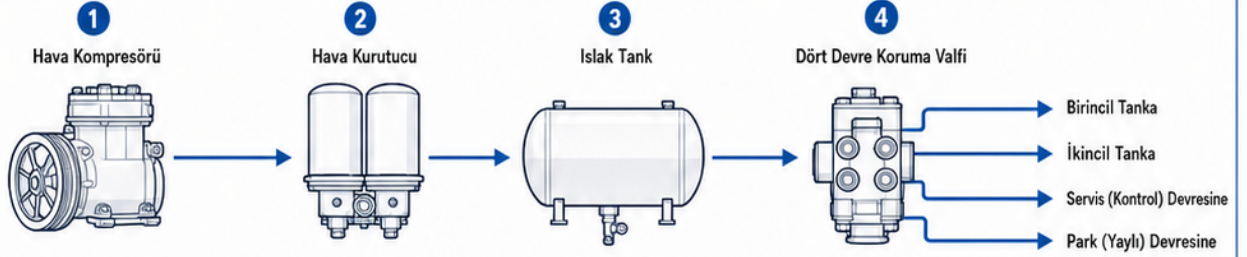
Baskı 1 · Ağır ticari araçlar (kamyon · otobüs · römork) · vadenoriginal.com

İçindekiler

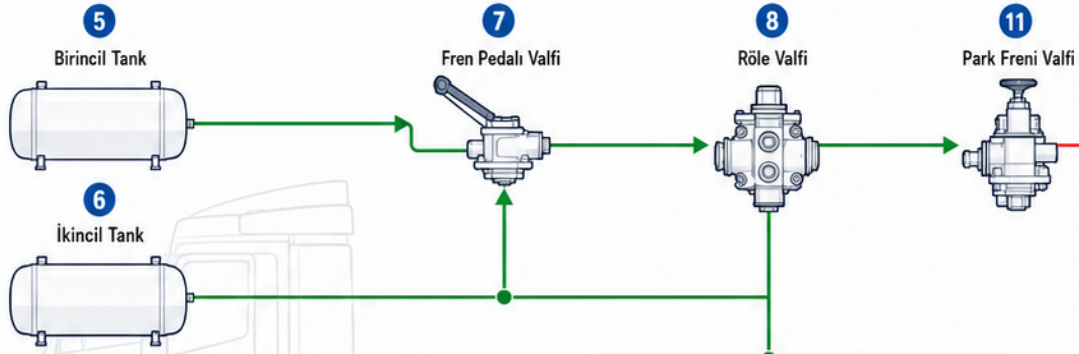
- 1 Giriş: Havalı Fren Sistemi Nasıl Çalışır?
 - 2 Hava Besleme (Şarj) Devresi
 - 3 Servis (İşletme) Fren Devresi
 - 4 Park ve Acil Durum (Yaylı) Frenleri
 - 5 Yük Algılama ve Hava Süspansiyon Kontrolü
 - 6 ABS ve EBS Elektronik Frenleme
 - 7 Römork Fren Devresi
 - 8 Arıza Tespiti ve Bakım
 - 9 Bileşen Hızlı Başvuru ve Sözlük
-

Havalı Fren Sistemi Diyagramı

1 HAVA BESLEMESİ



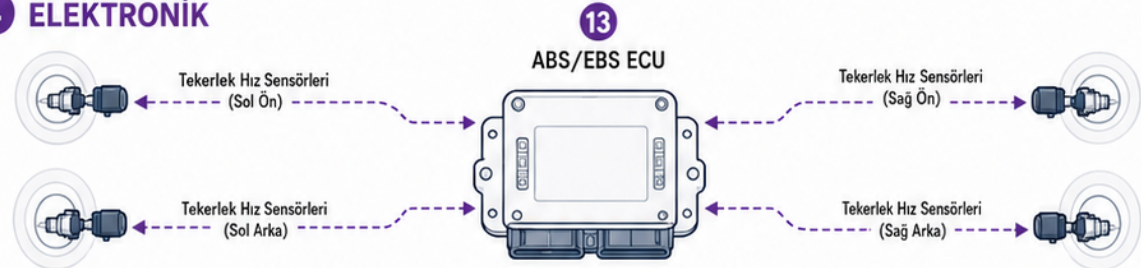
2 TANKLAR VE KONTROL



3 FREN UYGULAMASI



4 ELEKTRONİK



LEJANT

— Besleme Havası	— Servis / Kontrol Havası	— Park Freni Devresi (Yaylı)	— ABS / EBS Sinyali (Elektriksel)	➔ Ok hava akış yönünü gösterir
------------------	---------------------------	------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

Giriş: Havalı Fren Sistemi Nasıl Çalışır?

Ağır ticari araçlar (kamyon, otobüs ve römorklar), binek araçlarda kullanılan hidrolik fren yağı yerine basınçlı havayla çalışan fren sistemlerini tercih eder. Bunun temel nedeni güvenilirlik ve kapasitedir: hava sıkıştırılabilir, sınırsız ve ücretsiz bir çalışma akışkanıdır; sistemde küçük bir kaçak olsa bile araç fren yeteneğini bir anda kaybetmez. Yüksek dingil yükleri, uzun boru hatları ve römork bağlantıları, hidrolik bir devrenin güvenle taşıyamayacağı kuvvetleri gerektirir. Basınçlı hava ise büyük fren körüklerini güçlü biçimde iterek bu kuvveti üretir ve römorkun kolayca bağlanıp çözülmesine olanak tanır.

Arıza Emniyetli Yay Enerjili Fren Prensibi

Havalı fren sisteminin en kritik güvenlik özelliği yay enerjili (spring brake) park/emniyet fren mekanizmasıdır. Normal sürüşte, tanklardaki basınçlı hava güçlü mekanik yayları sıkıştırılmış tutar ve frenleri açık konumda bırakır. Sistemde basınç düşerse (örneğin bir hava hattı patlarsa veya araç park halinde havasını boşaltırsa), bu yaylar serbest kalır ve frenleri kendiliğinden devreye sokar. Yani basınç kaybı frenlerin boşalması değil, tam tersine kilitlenmesi anlamına gelir. Bu "arıza emniyetli" tasarım sayesinde ağır bir araç, bir arıza anında bile kontrolsüz biçimde hareket edemez.

Ayrı Dolum ve Fren Uygulama Devreleri

Sistem iki ayrı görevi yerine getiren devrelere bölünür. Dolum (besleme) devresi; kompresör, hava kurutucu ve hava depolarından oluşur ve tankları sürekli belirli bir basınçta dolu tutar. Fren uygulama (servis) devresi ise sürücü fren pedalına bastığında bu depolanmış havayı fren valfleri üzerinden fren körüklerine yönlendirir. Böylece hava üretimi ile frenleme birbirinden bağımsız çalışır; araç fren yaparken depolar aynı anda yeniden dolmaya devam eder.

Yedeklilik İçin Birincil ve İkincil Devre Ayrımı

Güvenliği artırmak için servis freni, birbirinden bağımsız birincil (primary) ve ikincil (secondary) olmak üzere iki devreye ayrılır. Genellikle biri ön dingili, diğeri arka dingil grubunu besler ve her birinin kendi hava deposu bulunur. Bir devre arıza yaparsa diğeri çalışmaya devam ederek aracın en azından kısmi fren gücüyle güvenle durabilmesini sağlar. Modern sistemlerde bu yapı, ABS, EBS, ALB ve ECAS gibi elektronik kontrol katmanlarıyla desteklenerek fren dengesi ve tekerlek kilitlenmesi ECU üzerinden yönetilir.

Bu Kılavuz Nasıl Kullanılır?

Bu kılavuz, havalı fren sisteminin her ana bileşenini işlevine göre açıklar; ilgili bölüme geçerek bileşenin görevini, arıza belirtilerini ve uygun VADEN ORIGINAL yedek parça kategorisini bulabilirsiniz.

Hava Besleme (Şarj) Devresi

Hava besleme devresi, pnömatik fren sisteminin kalbidir. Görevi, atmosferden aldığı havayı sıkıştırmak; nem ve yağdan arındırıp kurutmak ve basınçlı, temiz, kuru havayı fren devrelerinin beslendiği hava tanklarında (depolarında) hazır tutmaktır. Bu devredeki her bileşen, aracın frenleri için gereken basıncın hızlı biçimde oluşmasını ve çalışma basıncının belirlenen aralıkta korunmasını sağlar. Devrenin sağlıklı çalışması, doğrudan fren performansını ve sürüş güvenliğini etkiler.

Hava Kompresörü (Air Compressor)

Kompresör, genellikle motordan tahrik alır (krank mili veya dişli üzerinden) ve atmosferdeki havayı emerek sıkıştırır. Sistem basıncı alt eşiğe (cut-in) düştüğünde hava basmaya başlar, üst eşiğe (cut-out) ulaştığında ise basma işlemi durdurulur. Böylece çalışma basıncı belirli bir bant içinde tutulur. Arıza belirtisi: Aşınmış segman veya silindir nedeniyle basıncın çok yavaş yükselmesi, hava deposuna aşırı yağ kaçması ya da kompresörün hiç kesmeden sürekli basması. VADEN ORIGINAL, ağır ticari araçlar için hava kompresörleri tedarik eder.

Basınç Regülatörü / Governor

Governor (basınç ayar valfi), sistem basıncını sürekli izler ve kompresörün ne zaman yük altında çalışacağını, ne zaman boşa alınacağını belirler. Cut-out basıncına ulaşıldığında kompresörü boşa alacak sinyali gönderir, cut-in basıncında tekrar yüke sokar. Arıza belirtisi: Yanlış ayarlanmış veya arızalı bir governor, sistemin emniyet supabını açtıracak kadar aşırı basınca çıkmasına ya da tam tersine yetersiz basınçta kalmasına yol açar.

Yük Boşaltma Valfi / Unloader (Basınç Boşaltıcı)

Unloader (yük boşaltma tertibatı), governor'dan gelen sinyalle devreye girerek kompresörü boşa alır; yani üst basınca ulaşıldığında kompresörün havayı depoya basmak yerine boşa çalışmasını sağlar. Bu, hem gereksiz basınç artışını önler hem de kompresör yükünü azaltarak yakıt ve aşınma tasarrufu sağlar. Arıza belirtisi: Boşaltma tertibatının sıkışması durumunda kompresör yükte kalmaya devam eder, sistem sürekli emniyet supabından hava atar ve basınç dengelenmez.

Hava Kurutucu ve Kurutucu Kartuşu (Air Dryer / Desiccant Cartridge)

Hava kurutucu, kompresörden gelen sıcak ve nemli havanın içindeki su buharını ve yağ zerreciklerini tutarak kuru hava sağlar. Nemi tutan madde, değiştirilebilir kurutucu kartuşunun (desiccant cartridge) içindeki nem çekici granüllerdir. Sistem cut-out'a ulaştığında kurutucu bir tahliye (purge) çevrimi gerçekleştirir; biriken su ve yağ dışarı atarak kartuşu bir sonraki çevrime hazırlar. Arıza belirtisi: Doymuş veya ömrünü tamamlamış bir kartuş nemi tutamaz; tanklardan gelen suda ve valflerde su birikmesi, purge sesinin gelmemesi ya da donan havada valflerin kilitlenmesi görülür. VADEN ORIGINAL, hava kurutucuları ve yedek kurutucu kartuşlarını tedarik eder.

Tek Yönlü / Çek Valfler (One-Way / Check Valves)

Çek valfler, havanın yalnızca tek yönde akmasına izin verir ve geri kaçışını önler. Bu sayede bir devrede kaçak veya arıza olduğunda diğer devrelerdeki basınç korunur; sistemin tümü birden boşalmaz. Arıza belirtisi: Sızdıran bir çek valf, motor durduğunda tankların hızla boşalmasına veya bir devredeki basıncın diğerine geri kaçmasına neden olur; bu durum park sırasında basınç kaybı olarak fark edilir.

Islak / Ana / İkincil Depolar (Wet / Primary / Secondary Reservoirs)

Kurutucudan geçen hava önce ıslak depoya (wet tank) girer. Islak depo, kurutucudan sonra havada kalabilecek son nem ve yağın çökelediği ilk toplama kabıdır; bu nedenle "ıslak" olarak adlandırılır ve altında bir su tahliye musluğu bulunur. Buradan hava, birbirinden bağımsız çalışan ana (primary) ve ikincil (secondary) depolara dağıtılır. İki ayrı devre kullanılması, bir devrede kaçak olsa bile diğer devrenin fren yapabilmesini güvence altına alır. Islak deponun altındaki yoğuşma suyunun düzenli boşaltılması (draining condensate) önemlidir. Arıza belirtisi: Tahliye edilmeyen su, soğukta donarak valfleri kilitler, korozyona ve kışın frenlerin tutmamasına yol açar.

Servis (İşletme) Fren Devresi

Servis fren devresi, sürücünün ayak pedalıyla kumanda ettiği ve aracın günlük yavaşlama ile durma ihtiyacını karşılayan ana devredir. Bu devrenin görevi, hava tanklarında depolanan basınçlı havayı sürücünün pedala uyguladığı kuvvetle orantılı biçimde tekerlek frenlerine ölçülü olarak ileterek denetimli bir yavaşlama sağlamaktır. Ağır ticari araçlarda bu iş, birbirine bağlı bir dizi valf, fren körüğü ve mekanik aktarma elemanı üzerinden gerçekleşir.

Çift Devreli Ayak Fren Valfi (Pedal Valfi)

Sistemin beyni sürücünün ayağının altındaki çift devreli ayak fren valfidir. Pedala basıldığında bu valf, ön ve arka aks devrelerini birbirinden bağımsız olarak besleyen iki ayrı çıkış üretir. Böylece bir devrede kaçak olsa bile diğeri çalışmaya devam eder. Valf, pedal basıncını orantılı biçimde havaya çevirir; sürücü ne kadar sert basarsa çıkıştaki hava basıncı o kadar yükselir.

Röle Valfleri ve Hızlı Boşaltma Valfleri

Pedal valfinden çıkan hava, uzun hatlar boyunca tekerleklerle ulaşana kadar gecikeceği için araya röle valfleri konur. Röle valfi, pedaldan gelen ince kumanda sinyalini alır ve yakınındaki tanktan kısa yoldan büyük hacimli havayı fren körüklerine hızla yönlendirir; bu, fren tutma süresini kısaltır. Hızlı boşaltma valfleri ise fren bırakıldığında körüklerdeki havayı geri hatta yollamak yerine doğrudan atmosfere tahliye ederek frenlerin anında çözülmesini sağlar. Her iki valf de tepki süresini iyileştirerek frenlemenin çabuk ve dengeli olmasına katkı verir.

Servis Fren Körükleri

Hava, devrenin sonunda servis fren körüklerine ulaşır. Körüğün içinde esnek bir diyafram bulunur; basınçlı hava diyaframa etki ettiğinde onu iterek diyaframın arkasındaki itme çubuğunu (pushrod) dışarı doğru sürer. Böylece hava basıncı doğrusal bir mekanik itme kuvvetine dönüşmüş olur. Basınç arttıkça itme çubuğunun ürettiği kuvvet de artar.

Otomatik Fren Ayar Kolları

İtme çubuğunun ucu otomatik fren ayar koluna (otomatik slack adjuster) bağlıdır. Bu kol iki işi birden görür. Birincisi, bir kaldıraç görevi yaparak itme çubuğunun doğrusal kuvvetini S-kam milini döndüren bir tork momentine çevirir ve kol uzunluğu sayesinde kuvveti çoğaltır. İkincisi, balata aşındıkça büyüyen boşluğu otomatik olarak telafi ederek itme çubuğunun serbest strokunu (free-stroke) sabit ve doğru aralıkta tutar. Böylece frenler her zaman en verimli noktada çalışır ve elle ayar ihtiyacı ortadan kalkar.

S-Kam, Fren Kampanası ve Pabuçlar

Ayar kolunun döndürdüğü S-kam mili, "S" biçimindeki kam profiliyle iki fren pabucunu dışarı doğru iterek balataları dönen fren kampanasının iç yüzeyine bastırır. Balata ile kampana arasında oluşan sürtünme, tekerleğin kinetik enerjisini ısıya çevirerek aracı yavaşlatır. Pedal bırakıldığında geri çekme yayları pabuçları içeri toplar ve fren çözülür.

Disk Fren Alternatifi

Kampanalı sistemin yerine giderek yaygınlaşan pnömatik disk frenlerde ise fren körüğünün ürettiği kuvvet, S-kam yerine havalı bir kalipere iletilir. Kaliper içindeki mekanizma bu kuvveti çoğaltarak fren balatalarını dönen fren diskine iki taraftan bastırır. Disk frenler daha kısa fren mesafesi, daha kararlı frenleme ve daha kolay bakım avantajı sunar.

Pedaldan Tekerleğe Kuvvet Aktarımı

Özetle bir pedal basışı şu zinciri izler: sürücü pedala basar, ayak fren valfi orantılı hava basıncı üretir, röle valfleri bu havayı hızla çoğaltıp fren körüklerine iletir, körükteki diyafram havayı itme çubuğu kuvvetine çevirir, otomatik ayar kolu bu kuvveti çoğaltarak S-kamı (ya da kaliperi) tahrik eder ve balatalar kampanaya veya diske bastırılarak tekerlek durdurulur. Pedal bırakıldığında hızlı boşaltma valfleri havayı tahliye ederek frenleri anında serbest bırakır.

VADEN ORIGINAL Ürün Kapsamı

VADEN ORIGINAL, bu devrenin en kritik parçalarını üretim programında bulundurur. Fren körükleri, ayak fren valfleri ile röle ve hızlı boşaltma valfleri, otomatik fren ayar kolları gibi servis fren devresine ait elemanlar VADEN ORIGINAL güvencesiyle tedarik edilir ve orijinal ölçü ve performans değerlerine uygun olarak üretilir.

Park ve Acil Durum (Yaylı) Frenleri

Ağır ticari araçlarda park ve acil durum frenleri, servis freninden bağımsız çalışan ve güç kaybında aracı kendiliğinden durdurabilen yaylı fren körükleriyle sağlanır. Bu körüklerin içinde güçlü bir kuvvet yayı bulunur; normal sürüş sırasında bu yay, körüğün yay haznesine gönderilen basınçlı hava tarafından sıkıştırılarak fren *bırakılmış* (OFF) konumda tutulur. Yani frenin açık kalması havanın varlığına bağlıdır.

Arıza-güvenli (fail-safe) çalışma ve acil frenleme

Bu tasarım doğası gereği arıza-güvenlidir. Yay haznesindeki hava basıncı düşerse (hat kopması, körük arızası veya deponun boşalması), yay serbest kalır ve freni mekanik olarak otomatik uygular. Sürücü park frenini el valfiyle çektiğinde de aynı şey olur: yay haznesi boşaltılır ve yaylar frenleri kilitler.

- **Acil / ayrılma (breakaway) frenlemesi:** Römork havayı kaybederse veya çekiciden ayrılırsa, besleme hattındaki basınç düşer ve yaylı körükler devreye girerek römorku otomatik durdurur.
- **Kademeli emniyet:** Sistem basıncı belirli bir eşiğin altına indiğinde park/acil frenleri kendiliğinden uygulanarak aracın kontrolsüz hareket etmesini engeller.

Anti-compounding (kuvvet toplanmasını önleme)

Yaylı körüğün servis diyaframı ile kuvvet yayı aynı itici mile etki eder. Park freni uygulanmışken sürücü bir de fren pedalına basarsa, yay kuvveti ile servis freni kuvveti toplanır (compounding) ve tij, kam ile balatalara zarar verebilecek aşırı yük oluşur. Anti-compounding valfi (genellikle çift kontrol / invers-park bırakma valfi) bu iki kuvvetin aynı anda tam olarak birbirine eklenmesini önler; park uygulandığında servis basıncını yönlendirerek toplam kuvveti sınırlar.

Invers / park bırakma valfi

Bu valf, el fren valfinden gelen sinyali tersleyerek yaylı körüklerin yay haznesini yönetir. Park için haznedeki hava boşaltılır, fren bırakmak için hazne yeniden doldurulur. Aynı valf grubu, römork besleme hattıyla birlikte ayrılma durumunda otomatik uygulamayı da yönetir.

Servis için yayın mekanik boşa alınması (caging)

Havasız kalmış bir yaylı körüğü sökmeden önce yay, kurtarma (boşaltma) civatası ile mekanik olarak boşa alınmalıdır:

- Aracı takozlayın ve tekerlekleri emniyete alın; body onarımı yapmayın.
- Kurtarma civatasını körüğün arka kapağına takıp, üretici tork değerine göre yayı geri sıkıştırın (wind off) — böylece yay kuvveti nötralize edilir.
- Yay tamamen boşa alınmadan körüğün kelepçe/bandını asla açmayın.

Güvenlik notu: Yaylı körük içindeki kuvvet yayı ölümcül derecede güçlüdür. Yay boşa alınmadan körük açılırsa fırlayarak ağır yaralanmaya yol açabilir. İşlem öncesi mutlaka basıncı boşaltın, doğru kurtarma civatasını kullanın ve hasarlı körükleri sökmeye çalışmadan komple değiştirin.

İlgili VADEN ORIGINAL ürünleri

VADEN ORIGINAL category	İşlevi
Spring Brake Chamber	Park ve acil frenlemeyi sağlayan yaylı körük
Combined (Service + Spring) Brake Chamber	Servis ve park frenini tek gövdede birleştiren kombine körük
Hand Brake Valve	Sürücünün park/acil frenini kumanda ettiği el valfi
Park Release / Inversion Valve	Yay haznesini yöneten invers/park bırakma valfi
Double Check Valve	Anti-compounding ve hat seçimini sağlayan çift kontrol valfi
Trailer Control / Emergency Valve	Römork ayrılmasında otomatik frenlemeyi yöneten valf

Yük Algılama ve Hava Süspansiyon Kontrolü

Bir aracın fren ihtiyacı, üzerindeki yüke göre sürekli değişir. Boş bir çekici ya da yarı dolu bir dorse, tam yüklü hâline kıyasla çok daha az fren kuvvetine ihtiyaç duyar. Yük algılama sistemi, tam da bu farkı yöneterek her aksa yükü oranında fren basıncı gönderir; böylece ne az frenlemeden kaynaklanan uzun duruş mesafesi ne de aşırı frenlemeden doğan teker kilitlenmesi yaşanır.

Yük Sensör Valfi (ALB / Otomatik Yüke Bağlı Frenleme)

Yük sensör valfi, aksın gövdeye göre konumunu ya da hava süspansiyonlu araçlarda körük basıncını ölçerek anlık aks yükünü belirler. Sürücü fren pedalına bastığında bu valf, gelen komut basıncını ölçülen yüke göre azaltarak fren körüklerine iletir. Boş araçta basınç düşürülür, yük arttıkça kademeli olarak tam değere yükselir. Bu yüke orantılı frenleme (ALB) sayesinde arka aksların erken kilitlenmesi önlenir, dur-kalk davranışı dengeli olur ve fren balatası ile disklerdeki aşınma daha eşit dağılır.

Seviye Ayar Valfi ve ECAS

Hava süspansiyonlu araçlarda sürüş yüksekliğinin sabit tutulması hem konfor hem güvenlik açısından kritiktir. Mekanik seviye ayar valfi (levelling valve), yük değiştikçe körüklere hava basar veya körükten hava boşaltarak şasiyi doğru yükseklikte tutar. Elektronik kontrollü sistemlerde ise bu görevi ECAS üstlenir; yükseklik sensörlerinden gelen verileri bir ECU değerlendirir ve süspansiyon körüklerini elektronik valfler üzerinden hassas biçimde ayarlar. Doğru sürüş yüksekliği, aynı zamanda ALB sisteminin yükü doğru okumasını, farların açısının bozulmamasını ve süspansiyon geometrisinin korunmasını sağlar.

Yüke Orantılı Frenlemenin Önemi

- Stabilite:** Her aks yüküne uygun frenlendiğinden savrulma ve dingil kilitlenmesi riski azalır; ABS ve EBS ile birlikte çalışarak güvenli yavaşlama sağlar.
- Aşınma:** Balata, disk ve kampana aşınması aks yüküyle orantılı dağıldığından bakım aralıkları uzar.
- Sürüş konforu ve yükleme:** Sabit sürüş yüksekliği, dorse bağlantısını ve zemin mesafesini koruyarak yükleme-boşaltma işlemlerini kolaylaştırır.

VADEN ORIGINAL, hem yük sensör valflerini (ALB valve) hem de seviye ayar valflerini (levelling valve) orijinal muadili tolerans ve dayanıklılık değerlerinde üreterek sunar.

VADEN ORIGINAL Category	İşlevi	Sistemdeki Rolü
ALB Valve (Load Sensing Valve)	Fren basıncını aks yüküne göre ayarlar	Yüke orantılı frenleme ve stabilite
Levelling Valve	Süspansiyon körük basıncını düzenler	Sabit sürüş yüksekliği
ECAS Components	Yükseklik sensörü ve elektronik valf kontrolü	ECU tabanlı elektronik seviye kontrolü

ABS ve EBS Elektronik Frenleme

Elektronik frenleme sistemleri, sürücünün pedala uyguladığı fren talebini elektronik olarak izleyerek ve düzelterek, ağır ticari araçlarda çok daha kısa ve kontrollü duruşlar sağlar. Bu sistemlerin temelini ABS (Anti-lock Braking System / kilitlenme önleyici fren sistemi) oluşturur; EBS (Electronic Braking System) ise bu temeli tam elektronik bir kontrol katmanıyla genişletir.

ABS: Tekerlek Kilitlenmesinin Önlenmesi

ABS'nin görevi, sert frenlemede tekerleklerin kilitlenmesini önleyerek aracın yönlendirilebilir ve kararlı kalmasını sağlamaktır. Sistem, her tekerlekteki dönüş hızını sürekli ölçen tekerlek hız sensörleri ile çalışır. Sensör, tekerlek göbeğine ya da poyraya bağlı, dişli bir tetikleme halkasının (exciter ring / dişli halka) yanından geçen dişleri algılar ve bu dişlerin geçişinden tekerlek hızıyla orantılı bir sinyal üretir.

- **Tekerlek hız sensörü ve dişli halka:** Sensör, dişli halkanın her dişini saydıkça ECU'ya tekerlek hız bilgisi gönderir; sinyalin sıklığı tekerleğin ne kadar hızlı döndüğünü gösterir.
- **ABS modülatör valfi:** ECU'nun komutlarını mekanik frenleme basıncına çeviren, ilgili fren körüğüne giden hava basıncını hızla ayarlayan solenoid valftir.
- **ECU mantığı:** Bir tekerleğin ötekilere göre ani yavaşladığını, yani kilitlenmeye başladığını algılayan ECU, o teker için üç aşamalı bir döngü uygular: basıncı boşaltma (release), sabit tutma (hold) ve yeniden uygulama (re-apply). Bu döngü saniyede defalarca tekrarlanarak tekerleğin dönmeye devam etmesi sağlanır.
- **Sürücü ABS uyarı lambası:** Kontak açıldığında yanan, sistem testini tamamlayınca sönen uyarı lambası; sürüş sırasında yanık kalırsa ABS'nin devre dışı olduğunu ve sistemin arıza kodu ürettiğini bildirir. Bu durumda temel frenleme çalışır, ancak kilitlenme önleme işlevi güvence altında değildir.

EBS: Fren-Tel Kumandalı (Brake-by-Wire) Elektronik Frenleme

EBS, fren talebini artık öncelikli olarak elektronik sinyalle ileten, fren-tel (brake-by-wire) prensibiyle çalışan gelişmiş bir sistemdir. Sürücü pedala bastığında talep önce elektrik sinyali olarak ECU'ya ulaşır; hava basıncı hattı yalnızca yedek (fail-safe) olarak devrede kalır. Bu yaklaşım, düz ABS'ye kıyasla çok daha hızlı tepki, aks başına hassas basınç dağılımı ve daha kısa fren mesafesi sağlar.

- **Daha hızlı tepki:** Elektronik sinyal, uzun hava hatlarındaki gecikmeyi ortadan kaldırarak basıncın körüklere neredeyse anında ulaşmasını sağlar.
- **ASR ve stabilite kontrolü entegrasyonu:** EBS; ASR (çekiş kaymasını önleme) ve elektronik stabilite kontrolü ile bütünleşik çalışır, gerektiğinde tek tekere fren uygulayarak savrulmayı ve devrilmeyi önler.
- **Balata aşınma dengeleme:** Fren kuvvetini akslar arasında dengeleyerek balata ve disk ömrünü uzatır, römork ile çekici arasında uyumlu frenleme kurar.

EBS'nin düz ABS'den temel farkı, ABS'nin yalnızca kilitlenme anında devreye giren bir düzeltme sistemi olması, EBS'nin ise her frenlemeyi baştan sona elektronik olarak yöneten bir kumanda sistemi olmasıdır. ABS mevcut hava frenine eklenen bir güvenlik katmanırken, EBS frenlemenin kendisini elektronik hale getirir ve ABS, ASR ile ALB işlevlerini tek bir ECU altında birleştirir.

VADEN ORIGINAL, bu sistemlerin kritik bileşenlerini, ABS ve EBS modölatör valflerini ile tekerlek hız sensörlerini, orijinal ölçü ve performansta üreterek ağır ticari araç fren sistemleri için güvenilir yedek parça tedariki sağlar.

Römork Fren Devresi

Ağır ticari araçlarda frenleme yalnızca çekicide kalmaz; kumanda ve besleme sinyalleri römorka (treylar) da aktarılmalıdır. Çekici ile römork arasındaki bu geçiş, standartlaştırılmış valfler ve iki ayrı hava hattı üzerinden sağlanır. Böylece sürücü fren pedalına bastığında hem çekicinin hem de römorkun frenleri eşzamanlı ve orantılı biçimde devreye girer.

Çekici Koruma Valfi ve Bağlantı Hatları

Devrenin kalbi, çekicinin arkasına yerleştirilen çekici koruma valfidir. Bu valf, çekicinin kendi hava deposunu römork tarafındaki olası bir kaçağa veya hortum kopmasına karşı korur. Basınç belirlenen eşik değerin altına düştüğünde valf römork hattını otomatik olarak izole ederek çekicinin fren rezervini güvence altına alır.

İki hat, renk kodlu palet bağlantı başlıkları (gladhand) ile birleştirilir:

- **Kırmızı hat (besleme / acil):** Römorkun hava depolarını sürekli olarak doldurur ve çekici koruma valfini besler.
- **Sarı hat (servis / kumanda):** Fren pedalından ya da el valfinden gelen kumanda sinyalini taşır; frenleme kuvvetinin şiddetini belirler.

Römork Üzerindeki Fren Elemanları

Sarı hattan gelen kumanda sinyali önce römork üzerindeki röle valfine ulaşır. Röle valfi, ince kumanda sinyalini algılar ve römorkun kendi hava depolarından aldığı yüksek debideki havayı doğrudan fren körüklerine yönlendirir. Bu sayede uzun hortum mesafesine rağmen fren tepkisi hızlı ve gecikmesiz olur. Fren körükleri, basınç enerjisini mekanik kuvvete çevirerek balata veya disk baskısını oluşturur.

Sürücü, kabindeki el valfi (trailer control / hand valve) ile römork frenlerini çekiciden bağımsız olarak da uygulayabilir; bu özellik özellikle yokuşta kalkışta ya da römork salınımını (katlanma eğilimini) bastırmada kullanılır.

Kopma ve Acil Durum Davranışı

Römork çekiciden ayrılır veya kırmızı besleme hortumu koparsa, o hattaki basınç ani biçimde sıfıra düşer. Bu düşüşü algılayan römork röle valfi, depolarda hazır bulunan havayı kullanarak frenleri otomatik olarak tam kapasiteyle uygular. Böylece kumandasız kalan römork kendiliğinden durur ve serbestçe yuvarlanması önlenir. Aynı anda çekici koruma valfi çekici hattını izole eder; çekicinin hava kaybederek frensiz kalması engellenir ve sürücü aracı güvenle durdurabilir.

Bileşen	VADEN ORIGINAL category	İşlevi
Çekici koruma valfi	Tractor Protection Valve	Römork hattını izole ederek çekici hava rezervini korur
El valfi	Hand Brake / Trailer Control Valve	Römork frenlerini çekiciden bağımsız uygular
Palet bağlantı başlığı	Gladhand Coupling	Kırmızı ve sarı hatları çekici ile römork arasında bağlar
Röle valfi	Relay Valve	Kumanda sinyaline göre depo havasını körüklere hızla iletir
Hava deposu	Air Reservoir	Römork üzerinde frenleme için hava basıncını depolar
Fren körüğü	Brake Chamber	Hava basıncını mekanik fren kuvvetine dönüştürür

Arıza Tespiti ve Bakım

Hava frenli ağır ticari araçlarda güvenli fren performansı, sistemdeki basınç, sızdırmazlık ve nem kontrolünün düzenli olarak denetlenmesine bağlıdır. Aşağıdaki tablo, sahada en sık karşılaşılan yedi belirtiyi, bunların olası nedenlerini ve uygulanacak kontrol ile çözüm adımlarını özetlemektedir. Herhangi bir müdahaleye başlamadan önce aracı emniyete alın, takozlayın ve sistemdeki havayı kontrollü biçimde boşaltın.

Belirti	Olası neden	Kontrol ve çözüm
Hava basıncının yavaş yükselmesi	Kompresör veriminin düşmesi, tıkalı emiş filtresi, hava kurutucudaki kısıtlama veya sistemde sürekli hava kaçağı.	Kompresörün dolum süresini standart değerle karşılaştırın; emiş filtresini ve kurutucu kartuşunu kontrol edin, gerekiyorsa değiştirin. Basınç sabitken sistemdeki kaçakları arayın ve valf/rakor bağlantılarını sıkın.
Depolarda aşırı nem veya su birikmesi	Ömrünü tamamlamış hava kurutucu kartuşu, kurutucu regülasyon arızası veya boşaltma (tahliye) valfinin çalışmaması.	Kurutucu kartuşunu değiştirin ve kurutucunun rejenerasyon çevrimini doğrulayın. Depo tahliye valflerinin sızdırmazlığını ve çalışmasını kontrol edin; suyu boşaltarak nemin geri gelip gelmediğini izleyin.
Frenlerin sürtmesi veya tam açılmaması	Fren körüğünde havanın boşalmaması, ayar kolunun (slack adjuster) yanlış ayarı, dönmeyen geri dönüş yayı veya park freni valfinde arıza.	Fren bırakıldığında körükteki havanın tahliye edildiğini doğrulayın. Ayar kolu boşluğunu ve otomatik ayar mekanizmasını kontrol edin. Sıkışan valf, tıkalı hat veya donmuş nem ihtimalini değerlendirin.
Duyulabilir hava kaçağı	Gevşek rakorlar, hasarlı hava hortumları/borular, aşınmış valf contaları veya körük diyaframında yırtık.	Sistem basınçlıyken kaçak yerini sabunlu su ile tespit edin. Bağlantıları sıkın, hasarlı hortum ve boruları yenileyin; sızdıran valf veya körüğü orijinal parçayla değiştirin.
ABS uyarı lambasının sönmemesi	Tekerlek hız sensörü veya kablo arızası, kirlenmiş sensör dişlisi (ton wheel), ECU beslemesi ya da bağlantı hatası.	Arıza kodlarını teşhis cihazıyla okuyun. Sensör hava boşluğunu ve dişli yüzeyini temizleyip kontrol edin; kablo demeti ve konnektörleri, ECU besleme ile toprak hattını denetleyin.
Düşük basınç uyarısı / sesli ikaz	Sistem basıncının emniyet değerinin altına düşmesi, basınç şalteri/sensör arızası veya büyük bir hava kaçağı.	Manometreden fiili depo basıncını doğrulayın. Uyarı gerçekse kaçağı ve kompresör dolumunu inceleyin; basınç normalse şalter, sensör ve gösterge devresini kontrol edin.
Dengesiz veya bir tarafa çeken frenleme	Akslar arası basınç dengesizliği, yağlanmış/aşınmış balata, ayar farkı, ALB (yük sensörü) hatalı ayarı veya arızalı röle/orantı valfi.	Akslardaki fren basınçlarını karşılaştırın. Balata ve kampana durumunu, ayar kolu boşluklarını eşitleyin; ALB ayarını ve röle valfini kontrol ederek dengeli fren dağılımını sağlayın.

Servis aralıkları

- **Hava depolarının tahliyesi:** Otomatik tahliye yoksa depolardaki nemi ve suyu düzenli (günlük/haftalık) olarak boşaltın; korozyonu ve valf donmasını önleyin.
- **Hava kurutucu kartuşunun değişimi:** Kartuşu üretici önerisine göre periyodik değiştirin; nem tutma kapasitesi düştüğünde sistemdeki su miktarı hızla artar.
- **Ayar kolu (slack adjuster) boşluğunun kontrolü:** Fren kolu serbest hareket boşluğunu ölçün; otomatik ayarlayıcıların doğru çalıştığını ve akslar arasında eşit olduğunu doğrulayın.
- **Fren körüğü itici çubuk stroku kontrolü:** Körük itme çubuğunun (pushrod) strok mesafesini ölçün; sınır değerin aşılması balata aşınmasına veya ayar bozukluğuna işaret eder.
- **Balata ve kampana muayenesi:** Balata kalınlığını, kampana/disk yüzeyini ve aşınma sınırlarını kontrol edin; çatlak, ısı hasarı veya düzensiz aşınma varsa parçaları yenileyin.

Bileşen Hızlı Başvuru ve Sözlük

Bu bölüm, kılavuz boyunca anlatılan başlıca pnömatik (havalı) fren bileşenlerini tek bakışta özetler. Aşağıdaki tabloda her parçanın kısa işlevi ile ilgili VADEN ORIGINAL ürün kategorisi verilmiştir; teknik ekiplerin doğru parçayı hızlıca eşleştirmesine yardımcı olması amaçlanır.

Bileşen	İşlev	VADEN ORIGINAL Kategorisi
Hava kompresörü	Motordan tahrikle sistemi besleyecek basınçlı havayı üretir.	Air Compressor
Basınç regülatörü (governor)	Sistem basıncını izleyip kompresörü cut-in/cut-out değerlerinde yükler veya boşaltır.	Governor
Hava kurutucu / kartuş	Havadaki nem ve yağı kartuş yardımıyla tutarak devrelere kuru hava sağlar.	Air Dryer & Cartridge
Yük boşaltma valfi (unloader)	Ayarlanan üst basınca ulaşıldığında kompresörü yüksüz çalıştırır ve hattı boşaltır.	Unloader Valve
Röle valfi	Uzaktaki fren devrelerine kısa yoldan hızlı basınç yükseltme ve boşaltma sağlar.	Relay Valve
Hızlı boşaltma valfi	Fren bırakıldığında körük havasını en kısa yoldan hızla atarak çözülmeyi hızlandırır.	Quick Release Valve
Fren körüğü	Hava basıncını itme çubuğu kuvvetine çevirerek servis frenini uygular.	Brake Chamber
Yaylı fren körüğü (park)	Yay kuvvetiyle park ve emniyet frenini sağlar; hava basıncıyla çözülür.	Spring Brake Chamber
Fren ayar kolu (slack adjuster)	Körük kuvvetini S-kam miline aktarır ve balata boşluğunu (otomatik) ayarlar.	Slack Adjuster
Yüke duyarlı fren valfi (ALB)	Araç yüküne göre aks fren basıncını orantılayarak dengeli frenleme sağlar.	Load Sensing Valve (ALB)
Seviye ayar valfi	Havalı süspansiyonda şasi yüksekliğini sabit tutmak için körükleri doldurur/boşaltır.	Levelling Valve
ABS/EBS modülatörü	Tekerlek kilitlenmesini önlemek için fren basıncını elektronik olarak modüle eder.	ABS/EBS Modulator
Egzoz freni	Egzozu kısarak motor yavaşlatma etkisiyle yardımcı (yavaşlatıcı) frenleme sağlar.	Exhaust Brake
Debriyaj servosu	Pedal kuvvetini hava desteğiyle artırarak debriyajın kolay ayrılmasını sağlar.	Clutch Servo

Sözlük

- **cut-in/cut-out (devreye girme/çıkma basınçları):** Regülatörün kompresörü yeniden yüklemeye başladığı alt (cut-in) ve boşaltmaya geçtiği üst (cut-out) basınç değerleridir; sistem basıncı bu aralıkta tutulur.
- **wet tank (ıslak depo / ana hava deposu):** Kompresörden gelen havanın ilk toplandığı, yoğuşan su ve yağın çöktüğü ilk depodur; diğer fren devrelerine dağıtım buradan yapılır.
- **S-cam (S-kam mili):** Kampanalı frenlerde balataları kampanaya bastıran S biçimli kam milidir; körük kuvvetini fren ayar kolu üzerinden bu mil iletir.
- **gladhand (kavrama başlığı):** Çekici ile römork arasındaki hava hatlarını birleştiren kaplin bağlantısıdır; besleme ve fren hatları için ayrı, işaret kodlu olarak kullanılır.
- **anti-compounding (kuvvet birikmesini önleme):** Servis freni ile yaylı park freninin aynı anda etki edip fren kuvvetlerinin toplanmasını ve aşırı yüklenmeyi engelleyen valf düzenidir.
- **free-stroke (serbest strok / boşluk):** Fren körüğü itme çubuğunun, balatalar kampanaya temas etmeden önce kat ettiği boş mesafedir; aşınma ve ayar durumunun göstergesidir.
- **ALB (yükü duyarlı fren kuvveti ayarı):** Automatic Load-dependent Braking; araç yüküne göre aks fren basıncını orantılayarak boş ve yüklü durumda dengeli frenleme sağlar.
- **fail-safe (arıza-emniyet ilkesi):** Hava basıncı kaybında yaylı körüklerin yay kuvvetiyle otomatik devreye girip aracı emniyete alması gibi, arıza halinde güvenli konuma geçmeyi esas alan tasarım anlayışıdır.