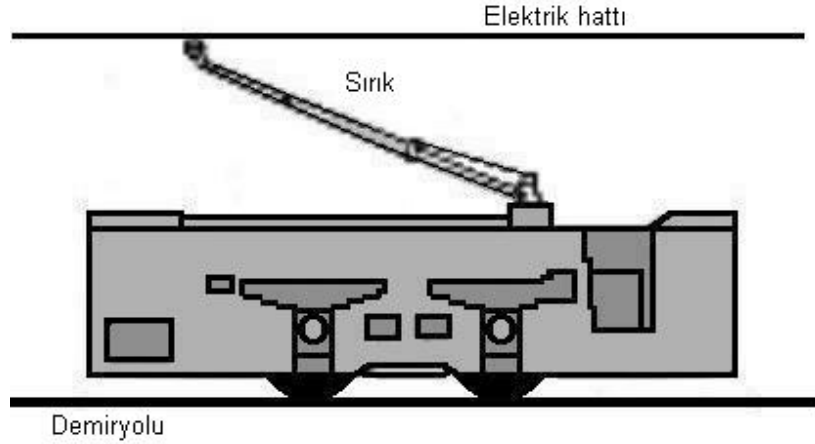


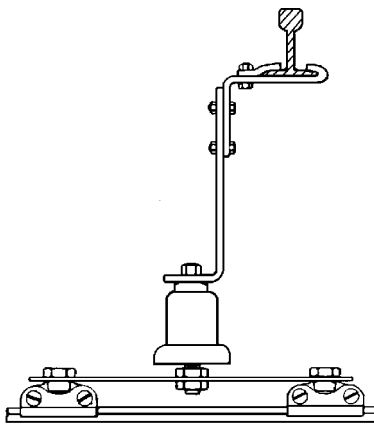
### Trolley Lokomotifi:

Trolley lokomotiflerinde doğru akım motorları kullanılır. Bunun nedeni daha önce de belirtildiği gibi, bu motorun değişen yükler altında devrsel hızını kendiliğinden yumuşak bir şekilde ayarlaması, yük artınca hızını azaltıp, yük azalınca hızını artırmasıdır. Bu motorları ayrıca, özellikle hızlanma dönemi gibi kısa sürelerde nominal gücünün üzerinde yüklemek de mümkündür. Çoğunlukla her tekerlek aksı için bir tane olmak üzere bir lokomotifte iki adet motor bulunur. Motorlar şasiye esneyecek şekilde tespit edilmiştir ve bir dişli mekanizma üzerinden aksı tahrik ederler. Uygulamada bu tür lokomotiflerin gücü genellikle 30-40 kW olurken, 70-90 kW gücündeki lokomotiflere de rastlanmaktadır.



Şekil xx- Trolley Lokomotifi

Trolley Lokomotifleri elektrik enerjisini demiryolu üst seviyesine gerdirilmiş olan elektrik hattından akım toplayıcı (kolektör) vasıtası ile alırlar. Akım toplayıcı bir sırk veya pantograf üzerine tespit edilmiştir ve yay kuvveti ile elektrik hattına bastırılır. Hat ile akım toplayıcı arasındaki temas kimi türlerde noktasal olurken, kimi türlerde ise geniş bir yüzey alanı boyuncadır. Bu konu özellikle kıvılcım oluşması, hareket yönünün değiştirilmesi açısından önemlidir. Hatla noktasal temas sağlayan akım toplayıcılarda en az iki akım toplayıcının kullanılması gerekir. Bir toplayıcının hat'tan kopması halinde motorlara ikinci toplayıcı üzerinden akım gider ve kopan toplayıcı hat'a tekrar oturtulurken ark akımı oluşmaz. Hareket yönünün tersine dönmesi halinde hatla yüzeysel temas sağlayan akım toplayıcılar bu duruma kendiliğinden uyum sağlarken, noktasal temas sağlayan toplayıcıların uygun bir şekilde hat'a yeniden oturtulması gerekir. Akım toplayıcılar sert kömür içine yerleştirilmiştir. Sırk veya pantograf izole edilmiştir. Bir halat yardımı ile akım toplayıcı elektrik hattından çekilerek ayrılabilir. Ayrıca, yayları gevşeterek de toplayıcıyı hattan ayırmak mümkündür.



Şekil xx- Yaylanabilen Askı

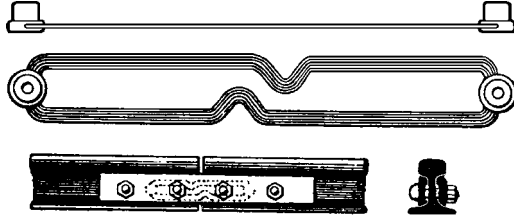
Elektrik hattı olarak bakır teller kullanılır. Tellerin kesit alanları 80-180 mm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Kıvılcım oluşmasını önlemek için bakır tellerin yaylanabilen seramik veya başka tür izolatlara bağlanması tavsiye edilir. İzolatörleri galeri aksına dik olarak gerdirilmiş halatlara asmak bu nedenle uygundur. Hattın sonunda bir izolatöre bağlanan bakır tel bununla gerdirilir. Lokomotif; hattın sonunu geçecek olursa, akım toplayıcı ile elektrik hattı arasında kuvvetli bir kıvılcım oluşacağı için bu duruma karşı önlem almak gerekir. Bu amaçla ya, hattın sondan 10. metresine bir şalter konur, lokomotifin şalteri geçmesi halinde şalter elektriği keser. Veya, bakır telin hemen yanına ahsap bir manivela konarak bakır telle akım toplayıcı birbirinden ayrılır. Hat sonu ayrıca ışıklı uyarıcı ile de belirlenmiş olmalıdır.

Elektrik akımının dönüş yolu olarak demiryolu kullanılır. Bu durumda, rayların birbiri ile elektriği iletcek şekilde bağlanması önem kazanır. Bu bağlantının iyi olması sadece lokomotifin

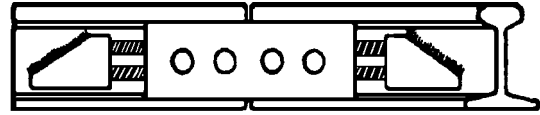
gücünü etkilemez ayrıca, raydan çevreye iletilecek kaçak akımların azalmasını da sağlar. Raylarda ölçülen gerilim yaklaşık 6-10 Volt kadardır. Raylar arasındaki elektriksel iletkenliği sağlayan bağlantı

elemanları arazi hareketlerinden ve darbelerden etkilenmemelidir. Bu nedenle iletkenliği sağlayan bakır tellerin ray bağlantısını sağlayan pabucun altına yerleştirilmesi uygun olur. Bakır telin raya tutturulması ise vidalayarak veya kaynakla olabilir. Elektriksel iletkenlik açısından kaynakla bağlantı daha iyi bir bağlantı şeklidir. En iyi bağlantı şekli ise rayların birbirine kaynakla tutturulmasıdır ki, bu tür bağlantı ancak uzun ömürlü ve nakliyatın çok yoğun olduğu yollarda tercih edilebilir.

Motorların verimli çalışmasını sağlamak amacıyla şebeke geriliminin % 5 'ten daha fazla düşmesine müsaade edilmemelidir. Bunu sağlamak için şebekedeki dirençlerin toplamı belli bir değerin altında



Şekil xx- Rayların Bakır telle vidalı bağlantısı



Şekil xx- Bakır Telle Kaynaklı Bağlantı

olması gerekir. Bu toplam değerini yaklaşık olarak aşağıdaki formül ile hesaplayabiliriz

$$R = 0,048 \cdot \frac{U^2}{N}$$

$R$  şebeke toplam direnci  $[\Omega]$

$U$  şebeke gerilimi  $[V]$

$N$  şebekeden çekilen güç  $[W]$

şebeke toplam direnci  $R$  'nin üç bileşeni vardır. Elektrik hattının direnci  $R_1$  , demiryolunun direnci  $R_2$  ve demiryolu bağlantılarındaki ek direnç  $R_3$  . Bu dirençlerin değerlerini ise yaklaşık olarak aşağıdaki bağıntılarla hesaplayabiliriz.

$$R_1 = 1,72 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{l}{A} \quad [\Omega]$$

$l$  şebeke uzunluğu  $[m]$

$A$  Elektrik hattı kesit alanı  $[mm^2]$

$$R_2 = 7,9 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{l}{p} \quad [\Omega]$$

$p$  Rayın birim kütlesi  $[kg/m]$

Bağlantı başına ek dirençler :

$$R_3 \approx 200 - 250 \mu\Omega \quad \text{Bakır tel ile vidalı bağlantı}$$

$$R_3 \approx 30 - 40 \mu\Omega \quad \text{Bakır tel ile kaynak bağlantı}$$

$$R_3 \approx 0 \quad \text{Rayların kaynakla bağlantısı}$$

şebeke gerilimindeki düşme % 5 'ten fazla oluyor ise;

- ✓ Bakır tel kesitini artırmak,
- ✓ Ray bağlantılarında kaliteyi artırmak
- ✓ Bunlarda yeterli değilse şebekeyi bölümlere ayırıp, her bölümü ayrı ayrı beslemek

gerekir.

Trolley hattı doğru akım ile beslenir. Doğru akım ise redresörler yardımı ile alternatif akımdan elde edilir. Redresörler ya kuyu dibinde merkezi bir yerde bulunur ve üretilen doğru akım, gerilim düşüşünü azaltmak amacıyla trolley hattından daha kalın tellerle kuyudan uzakta bulunan şebeke bölümlerine iletilir. Yahut ta uzunlukları 1-3 km 'yi bulan bağımsız şebeke bölümlerinden her biri ayrı bir redresörle beslenebilir. Daha önce kullanılmakta olan cıva buharlı redresörler bugün artık yerini selenyum redresörlerine bırakmıştır. Yaygın olarak kullanılan selenyum redresörü hava soğutmalı olanıdır. Havanın çok nemli ve agresif partiküller içerdiği ortamlarda yağ soğutmalı olanları tercih edilmelidir. Yüksek randımanlı ve daha az duyarlı olan hava soğutmalı silisyum redresörleri gittikçe artan bir oranla selenyum redresörlerinin yerini almaya başlamıştır.

Trolley lokomotiflerinin yeraltı madencilğinde kullanılması için işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından bir takım önlemlerin alınması gereklidir.

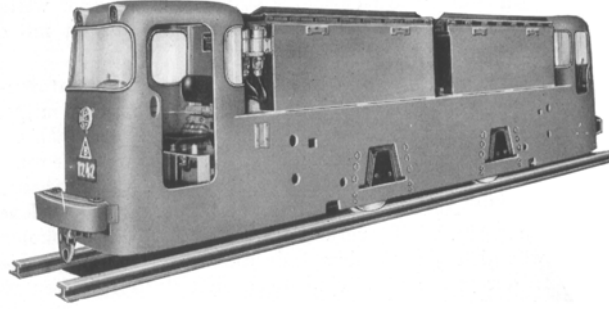
- ✓ Akım toplayıcı ile bakır tel arasında kıvılcım oluşmasını tamamen önlemek mümkün değildir. Bu nedenle, trolley lokomotifleri ancak, metan birikiminin olmadığı hava giriş yollarında kullanılır. Metan oranının % 0,3 'ü aştığı yollarda trolley lokomotifinin çalışması hemen durdurulur. Metanı galeriden süpürmek için hava hızı en az 1 m/s olmalıdır. Gaz yayılımı tehlikesi olduğundan üretim panoları yakınlarında trolley lokomotifi kullanılamaz. İçinde trolley lokomotifi çalışan galerinin 50 m üstünde, 200 m altındaki panolarda üretim yapılamaz.
- ✓ Bakır tel çevresinin etkili bir şekilde havalanmasına imkan vermek için, bakır tel ile tahkimat dış kısmı arasındaki mesafe en az 30 cm olmalıdır. Bakır tel ile galeri cidarı arasındaki mesafenin 80 cm 'den az olması durumunda galeri cidarındaki boşluklarda metan birikimini önleyecek önlemler alınır.
- ✓ Trolley hattı bulunan yollar insan trafiğine kapatılmalıdır. Bunun mümkün olmadığı özel durumlarda ,vardiya başı ve sonlarında olduğu gibi, personel geçişi sırasında hattaki elektrik kesilmelidir. Yazılı ve ışıklı levhalar ile personel elektrik çarpmasına karşı uyarılmalıdır.
- ✓ Personeli elektrik çarpması tehlikesine karşı korumak amacıyla iletken bakır telin demiryolu üst kısmından en az 180 cm yükseklikte olması gerekir. Bu yükseklik, özelliği olan yol kesimlerinde daha da artırılmalıdır
- ✓ Trolley lokomotifi ile personel nakliyatı yapılabilmesi için elektrik çarpmasına karşı özel önlemlerin alınması gerekir. Bu amaçla, istasyonlarda elektrik hattındaki akımı kesecek sistemler bulunmalı, hattın durumu ışıklı uyarı levhaları ile belirtilmiş olmalıdır. Seyahat halinde iken bir tehlike ortaya çıkacak olursa elektrik hattındaki akım, lokomotiften yapılacak müdahale ile kesilebilmelidir. Lokomotifte bulunan kısa devre sürgüsü akımın besleyici üzerinden kesilmesini sağlayacaktır.
- ✓ Elektrik hattındaki akım ayrıca, demiryolu güzergahı üzerindeki her noktadan yapılacak müdahale ile de kesilebilmelidir. Bu amaçla, düz galerilerde her 200 m 'de bir akım kesici bulundurulur. Akım kesiciler, galeri yan duvarında rulolar üzerinde gerdirilmiş olan ipin çekilmesi ile devreye sokulabilir.

## Akülü Lokomotifler

Akülü lokomotiflerde elektrik enerjisi lokomotifle birlikte taşınan akülerden alınır. Bu nedenle yapacakları iş aküye yüklenmiş elektrik enerjisi ile sınırlıdır. Trolley lokomotiflerinde olduğu gibi bu tür lokomotiflerde de genellikle her aksta bir tane olmak üzere iki tane doğru akım motoru bulunur. Trolley lokomotifleri gibi kullanımı kolay, fazla arıza yapmayan lokomotiflerdir. Zehirli gaz çıkarmazlar. Aküler antigrizütör kap içindedir. Bu nedenle ocak havasını dizel lokomotifler gibi kötü yönde etkilemezler.

Uygulamada 100 kW 'ı aşan motor güçlerine rastlamak mümkündür. Şekil xx 'deki lokomotif 52 kW gücüne sahip olup, akü kapasitesi 145 kWh 'dır. Galeri boyutları lokomotif enini ve yüksekliğini sınırladığı için trolley lokomotiflerine benzer güçteki akülü lokomotifler, şekildeki lokomotif gibi, dört akslı ve dört motorlu olarak ta üretilmektedir.

Aküden çekilen akımın şiddeti akü ömrünü etkiler. Akım şiddeti ne kadar yüksek ise akü ömrü o kadar kısa olur. Bu açıdan; akü kapasitesi ile motor gücü birbiriyle uyum içinde olmalıdır. Akü kapasitesi ise nakliyat planlamasına bağlı olarak bir veya iki vardiyada lokomotifin yapacağı taşıma için yeterli büyüklükte olmalıdır. Doğru akım motorları kısa süreler için nominal gücünün üzerinde yüklenebilir. Bu dönemlerde aküden çekilen aşırı akım aküye zarar vermemelidir. Bunu sağlamak için aküden bir saat süre ile çekilebilecek nominal akım şiddeti ile lokomotif motorunun nominal akım şiddeti birbirine eşit olmalıdır.



Deşarj olan aküler şarj istasyonlarında daha önce şarj edilmiş akülerle değiştirilir. Böylece şarj sırasında lokomotifin atıl kalması önlediği gibi, şarj işlemi de işletmedeki elektrik tüketimi açısından daha uygun bir zamanda yapılır. Pozitif ve negatif plakaların aşınarak değiştirilmesine kadar geçen süre içinde akünün kaç defa şarj-deşarj olduğu akü maliyetleri açısından önemlidir.

Aküli lokomotiflerde genellikle kurşunlu akümülatörler kullanılır. Nikel ve kadmiyum elektrotlu çelik akümülatöre ise nadiren rastlanır. Kurşunlu akümülatörler, ızgaralı veya panzerli akümülatörler olmak üzere iki türdür. Lokomotiflerde çoğunlukla ızgaralı akümülatörler tercih edilmektedir. Iızgaralı akümülatörlerin pozitif ve negatif plakaları sık örgülü kurşun ızgaralardan oluşur. Pozitif ızgara boşluklarına kurşun oksit pastası doldurulmuştur. Negatif plakaların ömrü, pozitif plaka ömrünün iki katıdır. Panzerli akümülatörlerde pozitif plaka üzerinde yarıklar bulunan borucuklardan oluşur. Borucukların içi kurşun oksit pastası ile doldurulmuştur ve borucukların ortasında da akımı ileten kurşun çubuklar vardır. Çubuklar, plakayı oluşturan diğer çubuklar ile alt ve üst kısımlarından birleştirilmiştir. Eskiden sert lastikten yapılan borucuklar kullanılırken bugün artık plastik dokuma veya cam yününden yapılan borucuklar kullanılmaktadır. Borucuk porozitesi yüksek olan bu yeni akülerin kapasiteleri de eski akülerden oldukça yüksektir. Panzerli akümülatörlerin negatif kutbu ızgaralı plakadır.

Hücre Yapısı	Toplam Şarj-Deşarj Adedi		Ağırlık [ Kg/kWh ]	Hacim [ lt/kWh ]
	+ Plaka	- Plaka		
Iızgara Plakalı İkili plaka izolasyonu	400 - 500	800 - 1000	42,8	15,6
Iızgara Plakalı Üçlü plaka izolasyonu	600 - 700	1200 - 1400	43,2	15,8
Panzer Plakalı Plastik dokuma borucuk	1400 - 1500	1400 - 1500	36,1	13,1

Yer altı demiryolu nakliyatı ile, brüt bir ton kütleyi bir kilometre taşıyabilmek için gerekli olan akü kapasitesi yaklaşık 0,03 kWh 'tir. Lokomotifin beraberinde taşıyacağı akülerin toplam kapasitesi ise, şarj istasyonuna gitme ihtiyacı duymadan, bir veya iki vardiya süre ile yapılacak nakliyat için yeterli enerjiyi karşılayacak düzeyde olmalıdır. Ancak, aküdeki enerjinin tümünü bir defada kullanmak doğru

değildir. Sahip olduğu elektrik enerjisinin % 80 'ini veren akünün deşarj olduğu kabul edilmeli, lokomotifin akü kapasitesi belirlenirken bu durum da göz önünde bulundurulmalıdır.

Deşarj olan akü bataryaları şarj istasyonlarında şarj olmuş bataryalarla değiştirilir. Şarj istasyonları ocağın çok iyi havalandırılan bir yerinde olmalı ve bir vinç ile donatılmalıdır. Alternatif akımdan doğru akım elde etmek için kullanılan üç yöntem vardır. Bunlardan ilki, motor-jeneratör gurupları veya motor ve jeneratörün birleştirilmiş şekli olan konvertörlerdir. Ama bu makine guruplarının randımanı özellikle kısmi yük altında çalışırken çok düşüktür. Bugün artık pek kullanılmayan bir yöntemdir. İkinci yöntem ise cıva buharlı redresörlerdir. Ancak bunlar da sarsıntılara karşı çok duyarlıdır ve özel bir ateşleme sistemini gerekli kılarlar. Üçüncü yöntem olarak kuru redresörler kullanılır. Kuru redresörlerin yapısı, kullanımı ve maliyeti diğerlerine göre çok avantajlıdır. Kuru redresörlerin bir türü olan selenyum redresörü, alternatif akım şebekesindeki gerilim değişikliklerini abartarak doğru akıma iletir. Örneğin, alternatif akımda %10 oranındaki gerilim artışı, bu redresörle doğru akımda %100 oranındaki gerilim artışına dönüşür ki, bu da aküden gaz çıkışına neden olur ve aküde kalıcı hasar bırakır. Alternatif akım şebekesindeki gerilimi alınacak özel önlemlerle sabit seviyede tutmak mümkündür. Motor-jeneratör gurupları ise alternatif akımdaki gerilim dalgalanmalarını doğru akıma yansıtmaz ancak, makinenin onarım maliyetleri yükselir.

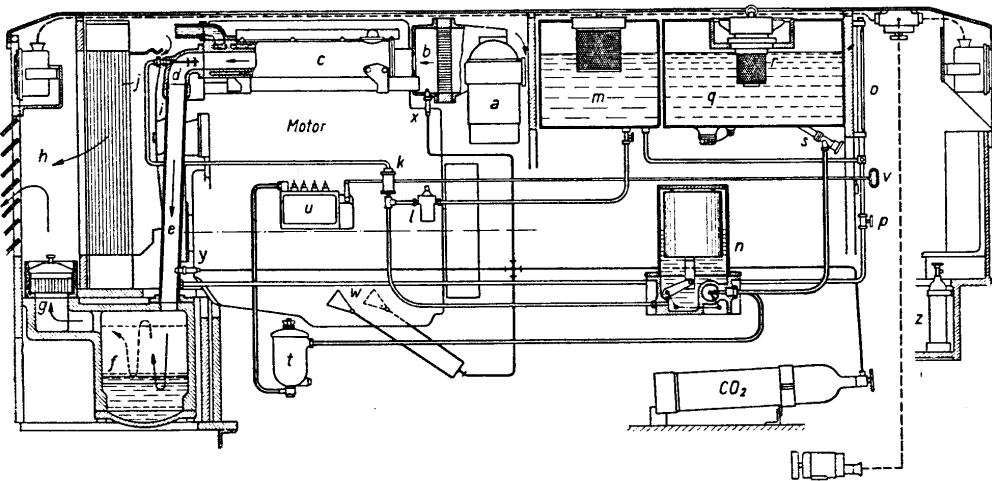
Özellikle kurşunlu aküler şarj edilirken, aküyü korumak amacıyla şarj işlemini iki safhada gerçekleştirilir. Şarj işlemi önce yüksek gerilim altında başlar, akü hücrelerindeki gerilim 2,4 Volt olunca bu defa yükleme gerilimi yavaş yavaş düşürülür. En kısa şarj süresi 6,5 saattir.

## Dizel Lokomotifler

Dizel lokomotifler içten yanmalı motorla çalıştıkları için bu tür motorların sahip oldukları tüm olumsuzlukları bünyelerinde taşırlar. Bu lokomotiflerin neden oldukları tehlikeler ve bunlara karşı işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından alınması gereken önlemler şunlardır:

1- Grizu Patlaması: Grizu patlamasına neden olacak tehlike kaynakları şunlardır:

- Motorda yanmanın iyi olmaması nedeni ile eksoz veya hava emiş borusundan alev çıkması.
- Ekzos borusunun grizuyu patlatacak kadar ısınması.
- Bir çarpışma halinde mazotun dökülerek alev alması.



Bu tehlikeleri önlemek için; motordan alev çıkışını engellemek, ekzos gazını soğutmak ve lokomotifte yangın söndürücü bulundurmak gerekir. Yukarıdaki şekilde grizu patlaması tehlikesine karşı bir dizel lokomotifte alınan önlemler görülmektedir. Motora hava (a) filtresinden gelmektedir. Bu filtre ile motor arasına (b) 'de görülen ızgara yerleştirilmiştir. Izgara 50 mm genişliğindeki çelik plakaların 0.8 mm aralıkla dizilmesi ile oluşturulmuştur ve motordan hava filtresine alev sızmasını önler. Motorun ekzos çıkışı (c) 'dedir. Ekzos gazlarına (d) 'de bir fiskede ile su püskürtülerek sıcaklığı düşürülür. Ekzos gazları daha sonra (e) borusundan (f) deki su banyosuna girer. Banyodan çıkan ekzos gazı (g) 'deki alev

sızdırmaz ızgaradan geçtikten sonra (h) da radyatörden gelen hava ile seyreltilip ocak havasına verilir. Ekzos gazına püskürtülen su (m) 'deki depodan gelir. Depodaki su seviyesi (o) 'daki düzeçten okunabilir. Su seviyesinin bir minimumun altına inmesi halinde (n) deki şamandıra motoru durdurur. Motorda çıkacak bir yangın halinde CO<sub>2</sub> tüpünden yararlanır. Tüpten çekilen borularla ekzosa (y) noktasından, motor hava girişine (x) noktasından, lokomotif gövdesine ise her iki yandaki (w) noktalarından CO<sub>2</sub> gazı püskürtülür. Ayrıca (z) deki portatif yangın söndürücü ile lokomotif dışındaki yangına müdahale edilir.

Tüm bu önlemlere rağmen grizu oranının % 1 'den yüksek olduğu yollarda dizel lokomotif çalıştırılmaz.

2- Zehirlenme: Ekzos gazı bünyesinde, karbon ve azot oksitler, SO<sub>2</sub> ve aldehitler gibi zararlı gazlar bulunmaktadır. Özellikle aldehitler ve CO çok zehirli gazlardır ve motordaki yanmanın tam olmaması sonucu ortaya çıkarlar. Ancak CO dışındaki diğer zehirli gazlar ekzos gazı soğutulurken suda erirler. Motorun durumu, yakıtın kalitesi ve aşırı yüklenme hali motordaki yanmayı etkileyen faktörlerdir. Bu nedenle motorun yakıt pompası ayarlanarak aşırı yüksek güç üretimi engellenir. İşçi sağlığı ve iş güvenliği tüzüğüne asgari yakıt kalitesi belirlenir ve her üç ayda bir lokomotif ekzos gazlarının kontrol edilmesi gerekir. Tam gaz ve rölantide alınan ekzos gazı örneklerindeki CO miktarı % 0.12 'yi geçiyor ise lokomotif servisten alınır. Normal bir lokomotifte bu oran % 0.05 'i geçmez. Dizel lokomotiflerin çalıştıkları galeride oluşacak hava kirliliğini hafifletmek için, havalandırma hesaplarında her lokomotif için en az 6 m<sup>3</sup> /BG-dak 'lık hava miktarın kullanılması gerekir. Herhangi bir nedenle galeri içindeki CO miktarı % 0.001 'i geçiyor ise o yolda çalışan tüm dizel lokomotiflerin çalışması durdurulur.

3- Yangın: Kullanılan yakıtın alev alma sıcaklığının düşük olması, yangın tehlikesini oluşturan en önemli etkidir. Yakıtın özellikle kömür tozu ile karışması halinde alev alma sıcaklığının daha da düşer. Lokomotifte meydana gelecek yangına karşı nasıl önlem alınacağı daha önce belirtilmişti. Yangın ayrıca, yeraltındaki tank istasyonlarında veya mazotun taşınması esnasında da oluşabilir. Yakıt, özel vagonlarda ve nezaretçi gözetiminde en kısa yoldan yeraltındaki tank istasyonuna taşınmalıdır. Tank istasyonları yangına karşı güvenli olmalı, yakıttan çıkan parlayıcı ve patlayıcı buharları seyreltmek için havalandırmaya önem verilmelidir. Bir tehlike anında tank istasyonu ile ocağın irtibatı kolayca kesilebilmelidir. Lokomotiflerin yakıt alması, sadece yetkili görevli tarafından ve motor stop edilerek sağlanmalı, yakıt alma işlemi sırasında depodan yakıt taşmasını önleyecek tedbirler alınmalıdır. Lokomotif depolarının havası ocağın temiz havasına karıştırılmamalıdır. Bu nedenle lokomotif depoları mümkünse ocağın hava çıkış yolları civarına kurulmalıdır.

## VAGON

Bir vagondan beklentilerimizi sıralamaya kalkacak olsak, akla hemen gelen özellikler şunlar olabilir:

bir vagon;

- hafif olmalıdır
- faydalı hacmi büyük olmalıdır
- darbeye, aşınmaya, asitli sulara karşı dayanıklı olmalıdır
- yolu iyi tutmalı, dengeli olmalıdır
- virajları güvenli bir şekilde kolayca dönmelidir
- yüklenmesi ve boşaltılması kolay olmalıdır
- galeri ve kuyu boyutlarıyla uyumlu olmalıdır.

Bu özelliklerin tümünü bir vagonda bulmak maalesef mümkün değildir. Örneğin, yüksekliği az olan vagonların hareketi daha dengelidir, kolayca yüklenir veya boşaltılırlar. Faydalı hacmin de yeterli olsun istenirse vagon genişlik veya uzunluğunun büyük tutulması gerekir. Bu durumda da vagonu galeri veya kuyuya sokmak zorlaşır.

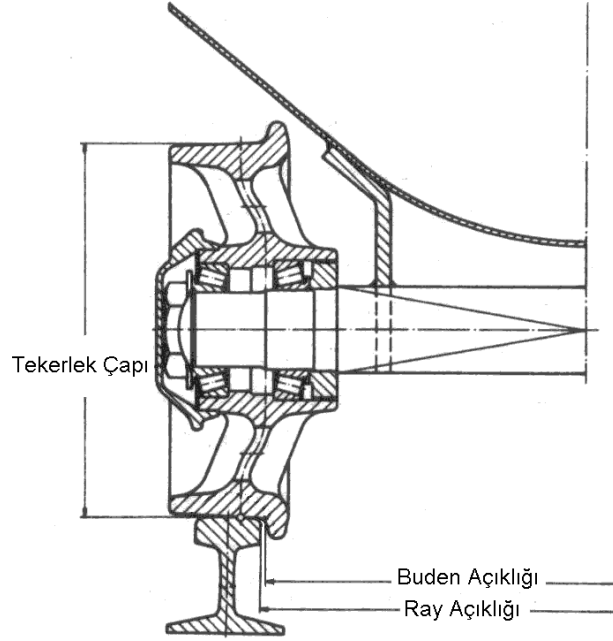
Vagon yapısını incelediğimizde, vagonun şu elemanlardan oluştuğunu görürüz. Genellikle beşik şeklinde bir kasa, tekerlek takımı ve bu ikisiyle birlikte tampon ile kancayı da üzerinde taşıyan bir şasi. Vagonların yapısal özelliklerini incelerken, önce bu elemanların yapısı üzerinde etkili olan teknik gereksinimler açıklanacak, daha sonra bu değerlendirmelerin uygulamaya nasıl yansdığı görülecektir.

Tekerlek ile aks arasındaki bağlantı rulmanlı yataklarla sağlanır. Yeni vagonların hemen hepsinde konik rulmanlı yataklar kullanılır. Yataklar dış ortamın etkilerinden ne kadar iyi korunursa tekerlek takımının

da ömrü o kadar uzun olur. Bakımı iyi olan vagonlarda tekerlek takımı ömrü yaklaşık 20 yıl olmaktadır. Yatakların, her 4-5 yılda bir sökülerek eski yağların temizlenmesi ve yeniden yağlanması gerekir.

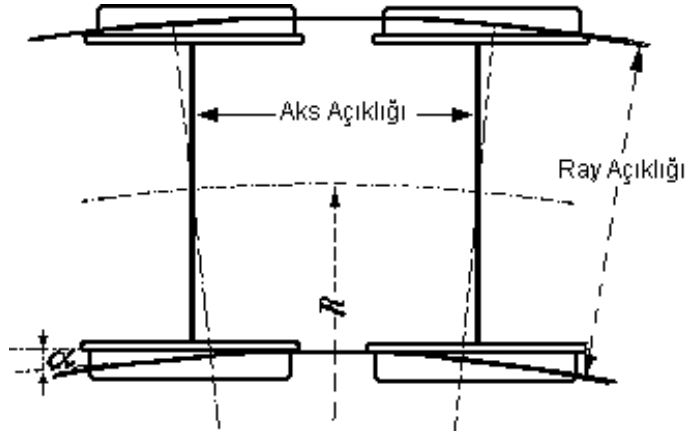
Tekerlek çapları 280, 350, 400 mm olabilirken, en çok kullanılan tekerlek çapı 350 mm'dir. Tekerlek yüzeyi, eğimi 1/20 olan kesik koni şeklindedir. Bu şekil tekerleğin, ray iç kenarına oturmasını, yanıl kuvvetlerin bir kısmını yüklenmesini, budenin böylece daha az aşınmasını sağlamaktadır.

Yeraltı demiryolu nakliyatında tekerlekler, sabit aks üzerinde serbestçe dönebilecek şekilde yataklanır. Bu tip yapı tarzı, aynı aksa bağlı tekerleklerin farklı devrsel hızla dönmelerine imkan sağladığı için, özellikle küçük çaplı kurbaların dönülmesinde avantaj sağlar. Yeryüzü demiryolu nakliyatında ise, tekerlek ve aks rijit bir yapı oluşturur. Yeryüzünde kurba çaplarını yeterli büyüklükte tutmak zor olmadığı için, büyük çaplı kurbada aynı devrsel hızla dönen tekerlekler önemli bir sorun yaratmaz. Rijit yapı tarzında tekerleklerin aynı devrsel hızla dönmek zorunda olmaları, konik tekerlek yüzeylerinde raya basan tekerlek çaplarının da eşit olmasını gerektirir. Bu durum nedeniyle vagon, daima demiryolunu ortalayarak hareket etmek zorunda kalır. Yeraltı demiryolu nakliyatında kullanılan vagonlarda bu olumlu özellik maalesef mevcut değildir.



Tekerlekler, aks ve bağlantı elemanları **tekerlek takımı** olarak tanımlanır. Tekerlek takımı ile ilgili iki önemli boyut üzerinde ayrıntılı olarak durmak gerekir. Bunlarda ilki, vagonun iki aksı arasındaki

mesafedir, ki bu mesafe **aks açıklığı** olarak tanımlanacaktır. Diğeri ise, paralel iki rayın iç kenarları arasındaki mesafeyi belirten **ray açıklığı**'dir. Budenlerin iç kenarları arası mesafe ise, ray açıklığından 10 mm daha kısa tutularak vagonun demiryolu üzerinde bir miktar yanıl hareket yapması sağlanır.



Vagonun uzun eksenli boyunca beşik hareketi yapmasını önlemek için aks açıklığının, vagon uzunluğu ile belli bir orantı içinde olması gerekir. Aks açıklığının artması ise, özellikle kurbaları dönerken tekerlek

doğrultusu ile ray doğrultusu arasındaki  $\alpha$  sapma açısının artmasına, dolayısıyla tekerlek budenlerinin raya daha fazla bastırmasına neden olur. Aks açıklığı, küçük vagonlarda 400-600 mm arasında değerler alırken büyük vagonlarda 1200-1700 mm arasında değerler alabilir. Örneğin, uzunluğu 3500 mm olan bir vagonun aks açıklığının 1300 mm seçilmesi uygun olur. Böylece yarıçapı 10 m olan bir kurba sorunsuz bir şekilde dönülebilir. Aks açıklığı 1100 mm olursa bu defa 8 m yarıçapındaki bir kurbada sorunsuz bir şekilde hareket edilebilir. Vagon uzunluğu ile vagon genişlikleri karşılaştırıldığında vagon uzunluğunun; dar vagonlarda genişliğin 2 katına, geniş vagonlarda ise genişliğin 4 katına kadar çıkabildiği görülmektedir.

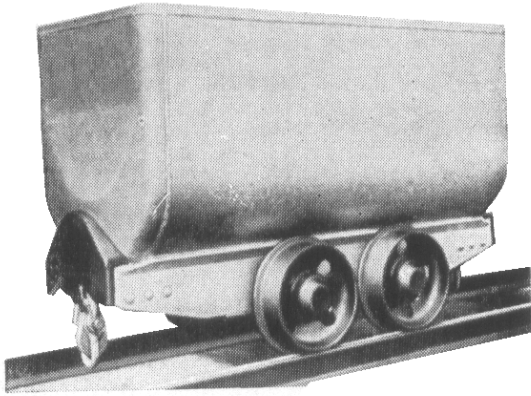
Ray açıklığı, vagon stabilitesini etkileyen önemli bir büyüklüktür. Dolayısıyla, vagon genişliği ile ray açıklığı arasında belli oranın korunması gerekir. Vagon kurbaya girdiğinde raylar, her iki tekerlek aksını

kurba merkezine doğru yönlenmek için zorlanacaktır. Vagon genişliğinin, buna bağlı olarak ray açıklığının artırılması, bu zorlanmanın artmasına neden olur. Bugün yaygın olarak kullanılan ray açıklığı 600 mm 'dir. Bu açıklık hem büyük hem de küçük vagonlar için uygundur. Dolayısıyla, ray açıklığını değiştirmeden küçük vagonlardan büyük vagonlara geçiş yapmak mümkündür. Pratik uygulamada vagon genişliği ise ray açıklığının en fazla 2-2,5 katı olmaktadır. Bu oranın sıkça karşılaşılan değeri 1,6 'dır.

Vagon yüksekliğini önce, vagonun stabilitesi sınırlar. Genişliğine göre yüksek olan vagonların yanal yük taşıma kabiliyeti düşüktür. Yüksek vagon ayrıca, galeride görüş alanını daraltır, havalandırma kesitini azaltır. Bu nedenlerle vagon yüksekliği ray üst seviyesine göre 1600 mm 'den fazla olmamaktadır.

Vagon boyutlarına etki den faktörler bu şekilde belirlendikten sonra madencilik uygulamasında karşılaştığımız vagonlar incelenecek olur ise bunları önce küçük ve büyük hacimli vagonlar olarak iki grupta toplayabiliriz.

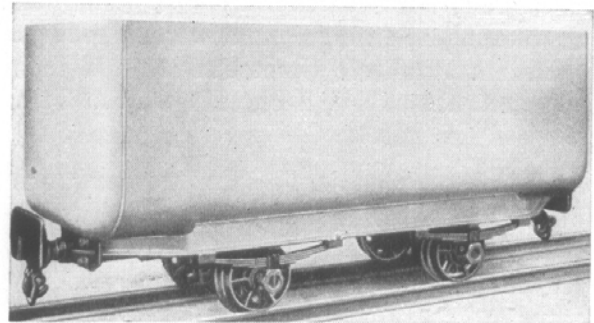
Küçük hacimli vagonlar 5 mm kalınlığındaki galvanize saçtan yapılır. Çelik yerine hafif metal kullanarak vagon ağırlığı %40 oranında düşürülmüş ise de; maliyetin sekiz misli artmış olması, bu vagonların asitli ve tuzlu sulara karşı çelik kadar dayanıklı olmaması yapılan denemeyi başarısız kılmıştır. Beşik şeklindeki kasa, iki çelik profilden oluşan şasi üzerine oturtulmuştur. Şasiye ayrıca, yayı olmayan tampon, kanca ve tekerlek takımı monte edilmiştir.



Büyük vagonlar da 5-6 mm kalınlığındaki galvanize çelik saçtan üretilmektedir. Tekerlek takımları; tekerlek ve aksı korumak, raydan çıkma riskini azaltmak amacıyla makas türü yaylarla şasiye bağlanmıştır. Makas yaylar yardımı ile vagon, demiryolunun bozuk olduğu

kesimlerde bile dört tekerleği ile ray üzerine oturma imkanına sahip olmaktadır. Ayrıca tamponlar da yaylı olarak imal edilmektedir.

Büyük hacimli vagonların, geniş ve uzun vagonlar olmak üzere iki değişik türü vardır. Uzun vagonlar kuyu kesitinden yararlanma oranının artmasını ve aynı kuyu içinde iki ayrı kafesle nakliyat yapılmasını mümkün kılarlar. Diğer yanda bu vagonlar, özellikle iki demiryolu bulunan yollarda galeri genişliğini daha az etkiledikleri için daha dar ve yüksek galerileri kullanmak mümkün olur. Bilindiği gibi dar ve yüksek galeriler, geniş ve alçak galerilere göre arazi basıncından daha az etkilenir, dolayısıyla tahkimat ve tamir-bakım masrafları daha düşük olur. Geniş vagonlar ise kurbaları daha kolay dönebilir, Arazi basıncının yüksek olduğu derin ocaklarda (Almanya) uzun vagonlar tercih edilirken, arazi basıncının düşük olduğu sığ ocaklarda (Amerika) geniş vagonlar tercih edilmektedir.



Vagon hacmini artırmanın, yani küçük hacimli vagonlar yerine büyük hacimli vagonlar kullanmanın, sayısız faydası vardır. Örneğin, vagon hacmi artınca ocaktaki nakliyat daha az vagonla gerçekleşir, nakliyatın organizasyonu daha kolay olur. Vagon hacmi ve ağırlığı arttıkça spesifik hareket direnci ve "ölü ağırlık : faydalı ağırlık" oranı düşeceği için. aynı taşıma işi daha az enerji ile yapılır. Yükleme, boşaltma, manevra toplam süreleri kısalmır. Katar boyları da kısılacağı için geniş kesitli galerilerin kullanıldığı istasyon boylarını kısa tutmak mümkündür.

Vagon hacmini artırmanın getireceği ek masrafları da göz ardı etmemek gerekir. Daha büyük hacimli ve ağır vagonlar, daha bakımlı ve daha sağlam bir demiryolu yapısını gerekli kılar. Özellikle pano yollarında olduğu gibi, sadece nakliyat gereğiyle daha büyük kesitli galerileri açmak ve bakımını



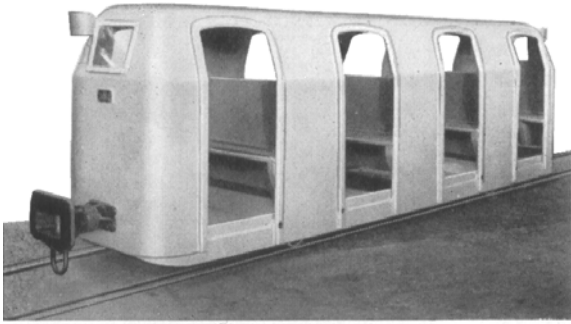
yapmak yerine; buralarda vagon nakliyatından vazgeçip, onun yerine başka bir taşıyıcıdan yararlanmak ve onun bakımını yapmak daha ekonomik olabilir. Rumble nakliyatı için büyük vagonlar uygun değildir. Büyük vagonlarla nakliyat yapılan bir işletmede rumble nakliyatı için ayrıca küçük vagonların bulundurulması gerekecektir.

Vagon hacminin hangi işletme safhasında belirlendiği değerlendirmeler açısından önemlidir. Yeni planlanan bir işletme ile kat hazırlığı planlanan işletmelerde yapılan değerlendirmeler birbirinden farklı olacaktır. Üretim yürütülürken, küçük hacimli vagonlardan büyük hacimli vagonlara geçiş düşünülüyorsa, bu safhada yapılan değerlendirmeler daha da farklı olacaktır.

Damar eğimleri yataya yakın olan bir kömür madeni kuruluş safhasında ise ana nakliyat için genellikle büyük hacimli vagonlarla demiryolu nakliyatı, pano yollarındaki nakliyat için ise bant veya zincirli oluk nakliyatı düşünülmelidir. Ana nakliyatta vagon hacminin 3500 litreden fazla olması büyük hacimli vagonların sağladığı avantajlardan yararlanma imkanı sağlayacaktır. Dik veya yüksek eğimli damarlarda vagonu üretim panolarına kadar sokmak kaçınılmaz olur. Bu durumda kör kuyu veya pano yolu kesitleri belirlenirken vagon boyutları göz ardı edilmemelidir. Bu tür damarlardaki üretim genellikle de rumbleli olacağı için, kömür ve rumble taşınmasında aynı vagonlardan yararlanmak zorunlu olur. Dolayısıyla vagon hacminin 3000 litreyi geçmemesi tavsiye edilir.

Küçük hacimli vagonlardan, büyük hacimli vagonlara geçiş yapılırken mevcut tesislerden de yararlanmak zorunlu ise, vagon boyunu artırmak şimdiye kadar sıkça kullanılan çözüm şekli olmuştur. Böylece 1500-2000 litrelik vagonlar ortaya çıkmıştır. Bu geçiş kömür nakliyatında fazla sorun çıkarmadan gerçekleşirken, rumble nakliyatında sorunlar ortaya çıkabilir ve rumble için küçük vagon kullanmak gerekli olabilir.

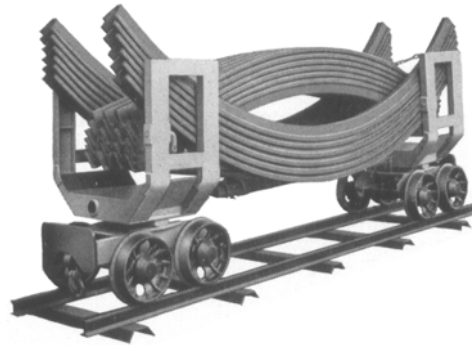
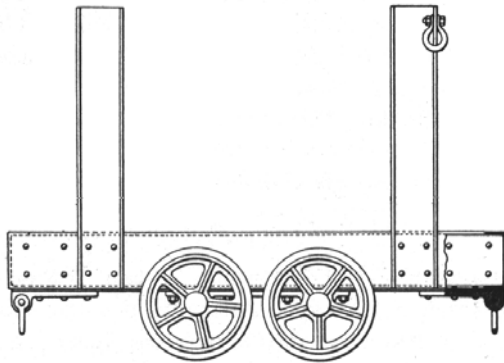
Potas ve tuz madenlerinde açılan büyük hacimli galeriler, büyük hacimli vagonların kullanılmasını adeta teşvik etmiş durumdadır. Metal madenlerinde ise; küçük işletmelerde küçük, büyük işletmelerde büyük boyutlu vagonlar kullanılmaktadır.



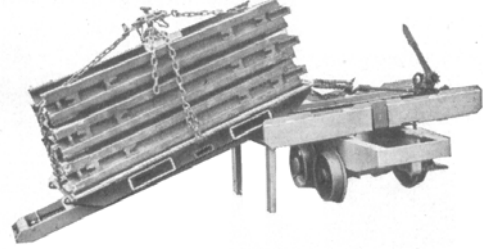
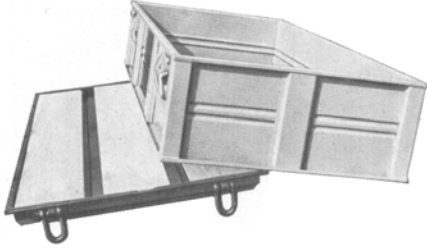
Maden işletmelerinde; tumba kolaylığı sağlamak, personel veya malzeme taşımak gibi farklı amaçlara hizmet eden özel vagon türlerine de rastlanmaktadır. Personel nakliyatı için önceleri cevher vagonlarından yararlanılmış, oturma imkanı sağlamak için vagon içine tahtadan veya lastik banttı yapılan oturaklar konulmuştur. Daha sonra personeli dış ortamdan koruyan özel personel vagonları geliştirilmiştir.

Malzeme nakliyatında da önceleri, cevher vagonları ve özellikle maden direği taşımak için kullanılan trikolardan yararlanılmıştır. Çok zor ve külfetli olan malzeme nakliyatı işini daha verimli

bir şekilde yürütebilmek için zamanla daha özel amaçlı vagonlar geliştirilmiştir. Bu tür vagonları üç grupta toplamak mümkündür. Birinci gruba özellikle demir bağlar, borular, raylar gibi çok uzun malzemeleri taşımak için kullanılan vagonlar girer. Bu tür vagonlar birbirine göre esneyebilen ve bir tür bogi işlevi gören iki parçadan oluşurlar.

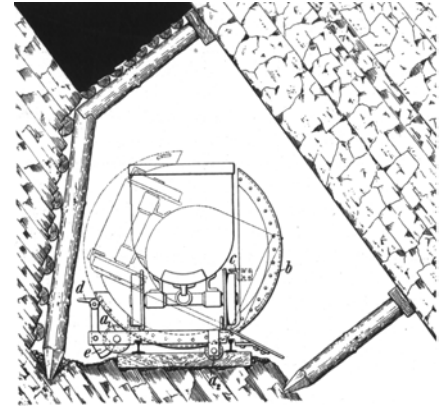
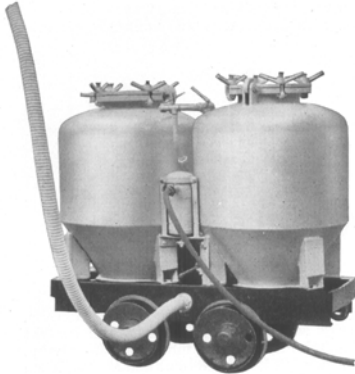


İkinci gruba; makine parçaları gibi, küçük boyutlu ve münferit parçalar halinde olan malzemeleri taşınmak için kullanılan vagonlar girer. Bu tür vagonların ana elemanı farklı boyutlarda olabilen kızaklı (sürgülü) tablalardır. Tablaların üst yüzeyi, darbelerden korumak amacıyla ahşapla kaplanmıştır. Düzgün bir şekilde istif edilen malzemeler ile makine parçalarının taşınmasında sadece tabla kullanmak yeterli olmaktadır. Küçük boyutlu metal malzeme, elektrik malzemeleri, alet-edevat taşınırken kullanılan tablaların yanı, gerekli ise üst kısmı kapaklarla kapatılır. Yüklenmiş olan tablanın vagona takılması veya vagondan sökülmesi bir vinç yardımıyla sadece bir işçi tarafında kolayca yapılabilir.



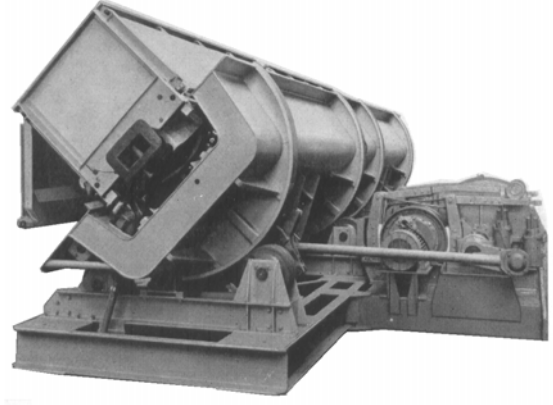
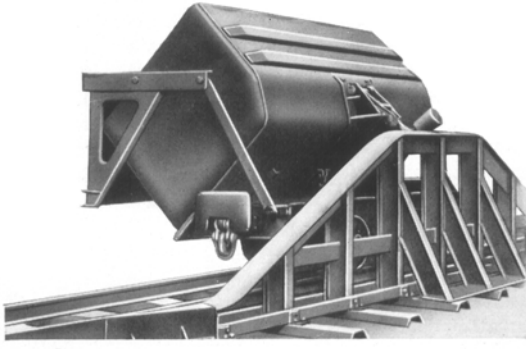
Üçüncü gruba ise çimento ve taş tozu nakliyatında kullanılan silo tipi vagonlar girer.

Cevher nakliyatında kullanılan sabit kasalı beşik vagonlar kendi eksenini etrafında 180° veya 360° dönebilen tumbalarda boşaltılır. Özellikle ramble malzemesi taşıyan küçük vagonlar için, ayak başında kurulan ve kendi eksenini etrafında 120° dönebilen tumbalar kullanılır.

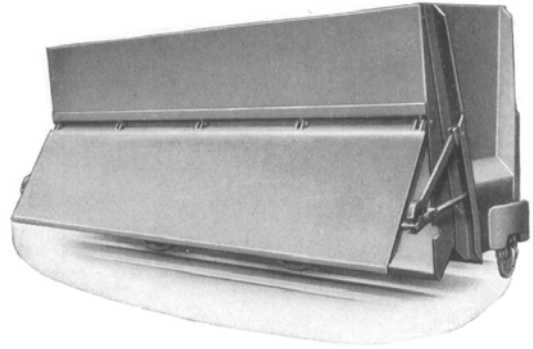
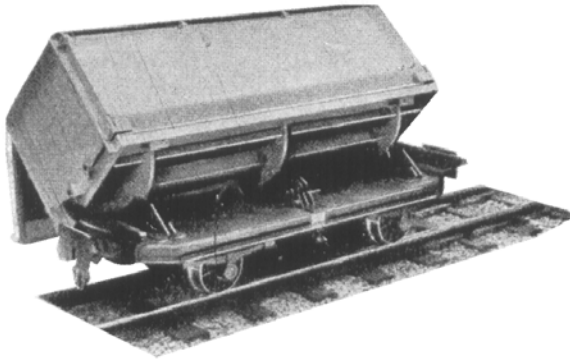


Büyük vagonları kolayca tumba etmek, tumba kapasitesini artırmak amacıyla geliştirilmiş özel vagon türleri de mevcuttur. Bu konuda akla ilk gelen vagon Granby vagonudur (Aşağıda soldaki şekil). Skip sistemi ile çalışan işletmelerde sıkça tercih edilmiştir. Vagon, silo rampasına girildiğinde, kapak bulunan tarafa doğru bir miktar yatar ve kapak otomatik olarak açılarak içindeki cevher boşalır. Katarın düşük hızla hareket halinde iken tumba işleminin gerçekleşmiş olması, zaman kayıplarını en aza indirmiş, tumba kapasitesini de büyük oranda artırmıştır.

Skip sistemi ile çalışan kömür işletmeleri için alman GHH firması tarafından geliştirilmiş olan bir diğer vagon türü de Rollkipp vagonudur(yukarıda sağdaki şekil). Bu vagonun her iki yanında kapak vardır ve bunlar tumbada otomatik olarak açılıp, kapanabilir. Birkaç vagon birlikte ve kancalı olarak aynı firmanın ürettiği özel bir tumbaya girebilir. Tumba vagonları kendi eksenleri etrafında 50° döndürürken kapaklar açılır ve boşaltma işlemi gerçekleşir.

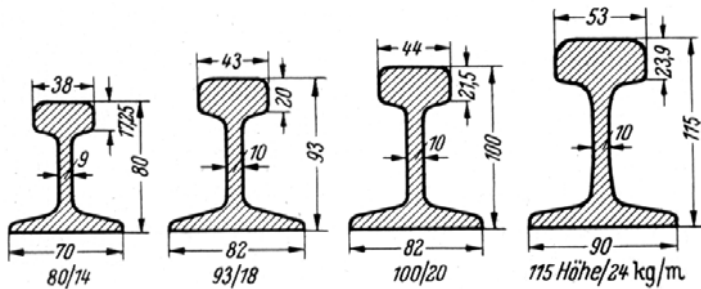


Büyük kapasiteli vagonlarla ramble taşımak için geliştirilmiş iki tür vagon vardır. Bunlardan birincisinde vagonun her iki yanında kapaklar vardır ve vagon kasası şasi üzerinde her iki tarafa da bir miktar yatacak şekilde imal edilmiştir. Vagonun büyük boyutlu olması nedeniyle sadece ana nakliyat yollarında kullanılabilir. Büyük kapasiteli ramble vagonu olarak karşımıza çıkan ikinci vagon türünde ise kasa ve şasi sabittir. Kasa tabanı eğik düzlem olarak inşa edilmiştir. Sadece bir yanında kapak vardır.



## Demiryolu

Bir demiryolu; ray, travers, bağlantı elemanları ve balasttan oluşur. Rayların görevi, kendisine etki kuvvetleri travers üzerinden balasta, oradan da zemine iletmektir. Yeryüzü demiryolu nakliyatında olduğu gibi, yer altı demiryolu nakliyatında da mantar kafalı raylar kullanılmaktadır. Raylar, kesit alanları farklı büyüklüklerde olacak şekilde st 55 çeliğinden üretilir. Sıkça kullanılan ray profilleri şekil-xx 'de verilmiştir. Boyutları normlaştırılmış olan ray profilleri bir metresinin kütlesi belirtilerek tanımlanmıştır. Örneğin, S 18 rayının bir metresi 18 kg gelmektedir. Bir ray profili; kafa, boyun ve taban olmak üzere üç bölüme ayrılabilir. Kafanın sertliği, rayın aşınmasını; boyunun yüksekliği rayın taşıma yeteneğini ve tabanın genişliği ile kalınlığı ise, rayın yeri tutma yeteneği ile devrilmeye karşı direncini belirleyen büyüklüklerdir.



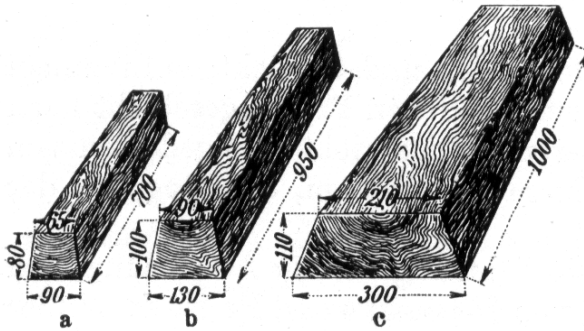
Ray profilinin seçimi, öncelikli olarak vagon ve lokomotif tarafından raya iletilecek yüke bağlı olarak yapılır. Hacmi 1000 litre ve altında olan vagonlar için, pano yollarında S 14 veya S 18 profilleri yeterli olurken, ana yollarda daha güçlü lokomotiflerin kullanıldığı göz önüne alınarak S 20 veya S 24 profilleri

tercih edilir. Daha büyük hacimli vagonlar için, ana yollarda S 24 veya S 30 profilleri uygun olurken, pano yollarında S 20 veya S 24 profilleri yeterlidir. Profil normu içinde yer almayan S 30 rayının, birim kütlesi 30 kg olup, profil yüksekliği 108 mm dir. S 24 profiline göre boyun yüksekliği daha kısa, tabanı daha geniş ve kalın olan bu profil sayesinde rayın yeri tutma niteliği ve devrilmeye karşı direnci artırılmıştır.

Rayların kuyu, kör kuyu ve galerilerde taşınmasının yaratacağı sorunlar nedeniyle ray uzunluğunu belli sınırlar içinde tutmak gerekir. Uygulamada karşılaşılan ray uzunlukları; ana yollarda 8-10 m, pano yollarında ise 5 m dir.

Traversin görevi, rayların demiryolu şeklinde bir bütün oluşturmasını sağlamak ve ray açıklığını korumaktır. Ayrıca; tekerleğin raya ilettiği yük, travers üzerinden zemine yayılı yük olarak iletilir.

Travers, genellikle ağaçtan yapılır. Kullanılacak ağacın, nem ve rutubete karşı dayanıklı olması, rayı tutturana civata ve çivileri daima sıkı bir şekilde kavraması gerekir. En uygun ağaç türü meşedir, kayın



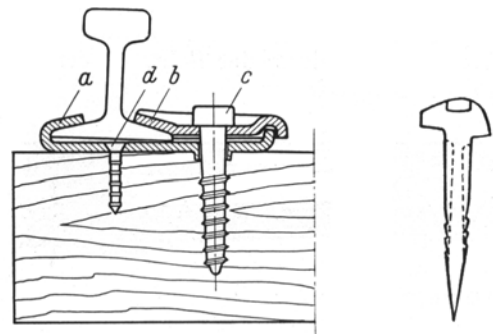
veya ladin ağaçları da kullanılabilir. Travers boyutları şekil-xx de verilmiştir. Yer altı lokomotif nakliyatı için şekilde "b" ile gösterilen travers boyutları yeterlidir. Ancak ray bağlantılarının yapıldığı yerlerde şekilde "c" ile belirtilen traversin kullanılması uygun olur. Vagonları işçi veya beygirlerin çektiği işletmelerde veya halatlı nakliyatta şekilde "a" ile gösterilen travers kullanılabilir.

Çelik traversler galeri kazısında geçici olarak kullanılan hazır demiryolu için uygundur. Önceden, bir çift rayın traversler üzerine sıkıca tutturulması ile oluşan bu yollar doğrudan doğruya galeri tabanına serilir. Balast kullanılmaz. Hazır demiryolunun boyu kısadır, kanca ve pimden oluşan basit bir mekanizma ile birbirlerine kenetlenilebilir.

Beton traverslerin de kullanım alanları sınırlıdır. Buldukları yerde arazi hareketlerinin olmaması gerekir. Aksi halde çabucak kırılırlar. Traversi birçok defa kullanabilmek için, rayın traverse ahşap dübel ile tespit edilmesi gerekir.

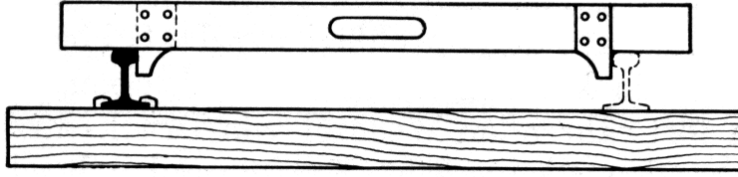
Pano yolları gibi, nakliyatın yoğun olmadığı yollara döşenecek demiryollarında, raylar traverslere ray çivisi ile tespit edilir. Bu yöntem, büyük vagonlar veya yüksek hızlarla yapılan nakliyat için, özellikle yol üzerinde kurbalar da mevcut ise uygun değildir. Bu durumda civata kullanmak gerekir.

Kaliteli bir ray-travers bağlantısında aranan özellikler şunlardır; bağlantının yan ve düşey kuvvetlere karşı dayanıklı olması, traversi rayın baskı kuvvetinden koruması, bağlantı elemanlarının dış etkenlerden korunmuş olması, bağlantı elemanlarının kolayca değiştirilebilir olması, yapısının basit olması



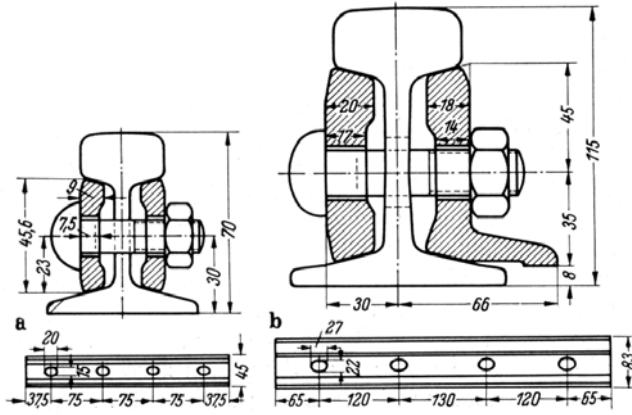
Şekil xx 'de verilmiş olan bağlantı düzeneği üç elemandan oluşur. Birinci eleman "a" ile gösterilmiş olan taban plakasıdır. Rayın traversi yemesini engelleyen bu plaka, çalışmada kolaylık sağlaması için çoğunlukla yeryüzünde "d" vidası ile traverse tutturulur. Daha sonra ray bu plaka üzerine oturtularak "b" kapak plakası ve "c" civatası ile traverse sıkıca tespit edilir. Yukarıdaki şeklin sağ tarafında ise bir ray çivisi görülmektedir.

Demiryolu döşenirken birinci ray, yolun doğrultusu korunacak şekilde yerleştirilir ve tespit edilir. İkinci ray ise, birinci ile arasındaki ray açıklığı, şekil xx 'de gösterilen bir master yardımı ile sabit tutularak yerleştirilir, tespit edilir. Ray açıklığının buden açıklığından 10 mm daha fazla olduğu unutulmamalıdır. Civata delikleri traverslere önceden açılmış ise master kullanmak gereksizdir. Ray uçlarında 2-3 mm



kadar açıklık bırakmak, özellikle yeryüzüne yakın hava giriş yollarında rayda meydana gelecek uzamayı sönmüş olacaktır. Yol eğiminin korunması için su düzecinden yararlanılır. Eğer döşenecek demiryolu çok uzun ise, topograflar her 10-20

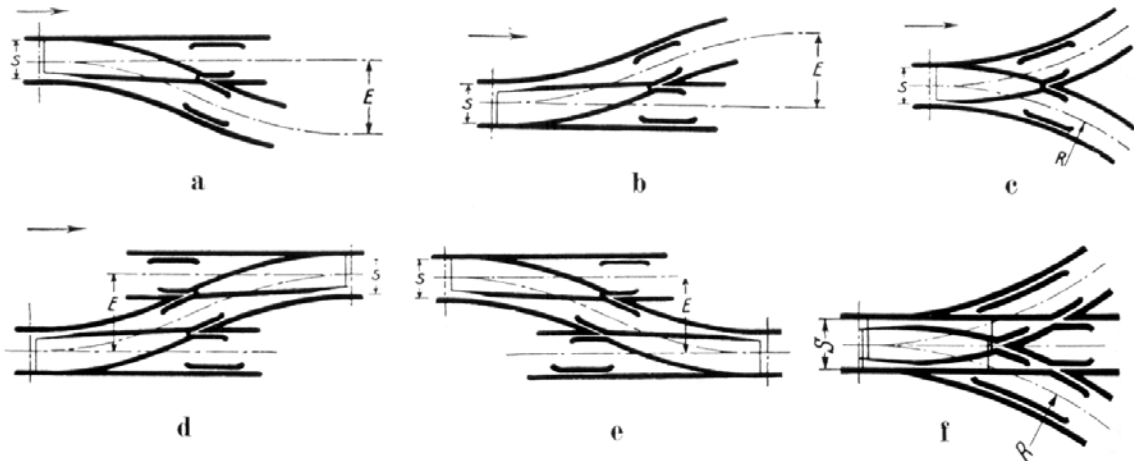
metrede bir yol kotunu işaret etmelidir. Traversler arası mesafe ise, ana nakliyat yollarında 50-80 cm olurken, pano yollarında 80-100 cm olabilir. Makaslarda ve kavşaklarda traversler arası mesafe birkaç santimetre mertebesine kadar düşebilir. Ray uçlarında iki traversin yan yana konması uygun olur. Demiryolu trafiğinin fazla olduğu, uzun ömürlü bölümlerde traverslerin altına balast döşenmesi yararlı olur. Balast kullanılması halinde traversin üçte ikisi balast içinde olmalı, çevresindeki balast malzemesi iyice sıkıştırılmalıdır. Demiryolu zemini kuru değilse yola su kanalı bulunan tarafa doğru meyil vermek gerekir.



Rayların birbirine bağlanması, şekil xx 'de de gösterildiği gibi pabuçlarla yapılır. Pabuçlar rayların bir bütün halinde çalışmasını sağlar, yanıl baskı kuvvetleri altında rayın dışı doğru bükülmesini önler. Şekilde düz ve köşeli pabuçlardan örnekler verilmiştir. Köşeli pabuçlar özellikle aşırı yükler altında tercih edilen pabuç türüdür. Cıvata somunları rayın iç kısmında kalmalıdır. Cıvata deliklerinin rayı zayıflattığı gerekçesiyle cıvatasız pabuçların da kullanıldığı gözlenmektedir. Cıvatasız pabuçlarda pabuç, ray tabanını saracak şekildedir ve kama

ile rayı sıkıca kavraması sağlanmıştır. En iyi ray bağlantısı kaynakla yapılan bağlantıdır. Bu tür bağlantı ancak uzun ömürlü ve tamir-bakım gerektirmeyen yollarda düşünülebilir.

Vagonların bir demiryolundan bir başka demiryoluna geçişini sağlamak için makaslardan yararlanır. Sıkça karşılaşılan makas türleri şekil xx 'de verilmiştir. Makasta budenleri yönlendiren eleman makas dilidir. Ucu gittikçe incelen bu eleman rayın iç yüzüne temas eder. Makas dilinin hareketi, bir mekanizma yardımı ile elle veya uzaktan kumanda ile gerçekleşir. Makasların önemli olan ve çok fazla zorlanan bir diğer elemanı da makas yüreğidir. Makasa giren iki demiryolunun içte kalan iki rayı birleşerek makas yüreğini oluşturur. Makas yüreğinin bulunduğu bölümde, yolun hemen iç kısmında bulunan ve kısa ray parçalarından oluşan elemanlar ise yol değiştiren tekerleğin raydan çıkmasını önlerler. Bununla tekerlek ikinci yolun doğrultusuna sokulmuş olur.



Vagon kurbada hareket ederken merkezkaç kuvvetinin etkisi altındadır. Bu nedenle vagon, dışa doğru devrilme eğilimine girer ve hareket dirençleri artar. Kurbada demiryolu döşerken bu durum değerlendirilmeli, gereken önlemler alınmalıdır.

Bir vagon kendi yapısal özellikleri nedeniyle, bir miktar yanal kuvveti devrilmeden güvenle taşıyabilir. Bu kuvvetin değeri, yeryüzü demiryolu nakliyatında edinilen tecrübelerle göre, ağırlık kuvvetinin %10'undan fazla olmamalıdır. Bu bilgiden hareketle kurba yarıçapı ile hız arasındaki ilişkiyi aşağıdaki bağıntı ile ifade etmek mümkündür.

$$v \leq 3,5 \cdot \sqrt{R}$$

Bu ifade; "  $v$  " [km/h] birimi ile hızı ve "  $R$  " metre birimi ile kurba yarıçapını göstermektedir. Vagonu kurbada devrilme sınırına kadar zorlamadan hareket ettirmek için hızın küçük tutulması, kurba yarıçapının ise büyük tutulması gerekir. Yer altı şartlarında kurba yarıçapını büyük tutmak ekonomik açıdan pek kolay değildir. Hız, kurba yarıçapına göre fazla ise yola dever vererek merkezkaç kuvvetinin bir kısmını dengelemek gerekir.

Vagonu kurbada zorlayan bir diğer büyüklük vagonun aks açıklığıdır. Aks açıklığı arttıkça şekil xx'de belirtilen "  $\alpha$  " açısı artar. Buna bağlı olarak, tekerlek budoenleri raya daha fazla bastırıp hareket direncini artırır ve tekerlek raya tırmanma eğilimine girer. Bu olumsuzlukları kabul edilebilir sınırlar içinde tutmak amacıyla; yeryüzü demiryolu nakliyatında ve yer altı tumba istasyonları ile kuyu dibi rösetlerindeki kurbalarda "  $\alpha$  " nın maksimum değeri 1 derece ile sınırlanmıştır. Yer altı demiryolundaki diğer kurbalarda ise bu sınır değeri 3,8 dereceye kadar çıkmaktadır. Bu bilgilere dayanarak, kuyu dibi ve tumba istasyonu rösetlerinde kurba yarıçapı aks açıklığının en az 28 katı olurken, demiryolu üzerindeki diğer kurbaların yarıçapı aks açıklığının en az 7,6 katı olmaktadır. Kurbalarda hareket direncini bir miktar azaltmak için buralarda ray açıklığı 15-20 mm daha geniş tutulur.