

## DEMİRYOLUNDA DEVER UYGULAMASI VE GÜVENLİĞE ETKİSİ

Mehmet KOZAK\*

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları 7. Bölge Yol Müdürlüğü, Afyonkarahisar/TÜRKİYE

Anahtar Kelimeler	Özet
<i>Demiryolu, Dever, Teorik dever, İdeal dever, Minimum dever, Deverin güvenliği etkisi</i>	Bu çalışmada demiryolunda dever uygulaması ve güvenliğe etkisinin araştırılması planlanmıştır. Merkezkaç kuvvetleri karşılamak ve zararsız hâle getirmek için yatay kurplarda dış ray dizisinin iç ray dizisine nazaran belirli bir miktarda yükseltilmesine dever denilmektedir. Demiryolunda uygulanması gereken dever yolun özelliğine göre farklılık göstermektedir. Kazaların kişilere, işletmeci kuruluşlara ve topluma verdiği zararların en aza indirilebilmesi için alınması gereken tedbirlerden birisi yol geometrik standartlarının iyileştirilmesi ve bu standartların korunmasıdır. Demiryolu yol geometrisi parametrelerinden birisi olan dever de bu açıdan çok önemlidir. Bu makalede demiryolunda deverin fazla veya eksik verilmesi sonucunda meydana gelebilecek hasarlar ve güvenliğe etkisi ele alınmıştır. Bu çalışmanın daha önce yapılmış çalışmalar ve standartlar açısından, literatüre katkısı olacağı düşünülmektedir.

## SUPERELEVATION IMPLEMENTATION AND IMPACT OF RAILWAY SAFETY

Keywords	Abstract
<i>Railway, Superelevation, Theoretical superelevation, Ideally superelevation, Lowest superelevation, Security impact superelevation</i>	This study is planned to investigate the effect of railway safety application, and superelevation. Centrifugal forces to meet and to make the horizontal curves harmless series of outer rail superelevation is called to raise a certain amount compared to a series of inner rail. Railway vary depending on the nature of the road superelevation should be applied. Accidents to persons, organizations, and society gives the operator the necessary precautions to minimize losses in any way, and these standards are improving the protection of geometric standards. As one of the parameters of the geometry of the road rail superelevation is very important in this respect. In this article, giving railway superelevation damage caused by an excess or deficiency effect and safety were discussed. This study and previous studies in terms of standards, contributes to the literature is thought to be.

### 1. Giriş

Ulaşım, insan veya eşyanın, ihtiyaçlarını gidermek amacıyla zaman ve mekan faydası sağlayacak şekilde yer değiştirmesini mümkün kılan bir hizmettir. Demiryolu, adına tren dediğimiz çeken ve çekilen araçlardan meydana gelen taşıt dizisinin üzerinde hareket ettiği, bir çift ray dizisi ile, bu diziyi meydana getiren tesislerin tümüne denilmektedir (Kozak, 2010).

Ulaştırma sistemlerinin istenmeyen bir yönü de trafik kazalarıdır. Kazaların kişilere, işletmeci kuruluşlara ve topluma verdiği zararların tahmini ve hesaplanması oldukça karışık ve zordur. Sistemlerin kaza yapma olasılığı fiziksel özerklikleri ile ters orantılıdır. Fiziksel özerkliği yüksek olan yani diğer sistemlerden bağımsız

işletilen türlerde kaza/yolcu-km. oranı daha düşüktür. Ulaşım sistemleri kaza oranlarına göre en azdan en çoğa doğru sıralandığında tren ve metro en başta gelmekte, tramvay ve karayolu taşıtları bunları izlemektedir (Kozak, 2012). Kazaların kişilere, işletmeci kuruluşlara ve topluma verdiği zararların en aza indirilebilmesi için alınması gereken tedbirlerden birisi yol geometrik standartlarının iyileştirilmesidir.

Herhangi bir ulaştırma sisteminde; konfor, güvenlik, zaman ve güvenilirlik önemli parametrelerdir. Demiryollarını diğer ulaştırma sistemleriyle rekabet edebilir hale getirmek için yukarıda sıralanan parametreleri en az maliyetlerde sağlamak gerekir. Gelişen teknoloji ile birlikte, insanların zaman değerinin artması, ulaştırma sistemlerini daha da hızlı

\* İletişim yazarı: mehmetkozak@tcdd.gov.tr

olmaya zorlamaktadır. Günümüzde modern demiryolu araçları çok yüksek hızlar yapabilmektedirler. Ancak bu modern demiryolu araçları kullanılmadan önce, demiryolu üstyapısının bu araçları güvenle taşıyacak etkinliğe getirilmesi gerekmektedir (Güler ve Jovanovic, 2005).

TCDD demiryolu yapılan hızlara göre konvansiyonel ve hızlı tren hatları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu hatlar hakkındaki bilgiler aşağıda kısaca verilmiştir.

**Konvansiyonel hatlar:** Yol alt ve üstyapısının kalitesi, taşıma kapasitesi, eğimi ve geometrik unsurları (kurp yarıçapı, dever, fleş, ekartman) gereği trenlerin 200 km/h altında hız yapabildiği yollardır.

**Hızlı tren hatları:** Yol alt ve üstyapısının kalitesi, taşıma kapasitesi, eğimi ve geometrik unsurları gereği trenlerin 200 km/h ve üzerinde hız yapabildiği yollardır (Anonim-1, 2011).

T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü'nün demiryolu şebekesi, 8722 km ana, 2330 km tali olmak üzere toplam 11052 km'lik konvansiyonel hat ve 888 km'lik hızlı tren hattından

meydana gelmektedir (Anonim-2, 2011) Ülkemizde gün geçtikçe demiryolu hak ettiği yerini almaya başlamış ve büyük yatırımlar sayesinde konvansiyonel hatların yol geometri standartları yükseltilmekte ve hızlı demiryolu inşa edilmektedir. Şekil 1.'de ülkemize ait demiryolu şebekesi verilmiştir.

Bir yol projesinin yataydaki şekli onun yatay konum geometrisi olup, doğru (aliyman) ve geometrik eğrilerden (kurplardan) oluşmaktadır. Yatay geometrinin tasarımında yol güvenliği, trafik kapasitesi, topografik yapı, arazi şartları ve ekonomik etkenler göz önüne alınarak tasarlama yapılmalıdır.

Aliyman yolun yatay geometrisini oluşturan doğrusal bölümler olup, projelendirme aşamasında çeşitli kriterler göz önünde bulundurulur. Yatay konum geometrisini belirleyen diğer bir eleman ise kurplardır. Yatay eksenlerin yön değiştirdiği yerlerde yolun topoğrafik yapısı, düşey eksen ve estetik özellikler dikkat alınarak meydana gelen dairesel eğrilere yatay kurp adı verilmektedir. Diğer bir tanımlama ise farklı doğrultulardaki iki aliymen arasının bir daire yayı ile birleşmesi sonucu yatay kurplar meydana gelmektedir (Koparan et al., 2005).



Şekil 1. Türkiye demiryolu şebekesi (Anonim-3, 2012)

**Aliyman:** Demiryolunda yatay kurp bulunmayan doğru hat kısmına aliymen denir (Anonim-4, 2011).

**Kurp:** Kurplar farklı doğrultudaki doğru yolları birleştiren, yolun eğri kısımlarıdır. Aliyman olan yol ikinci bir aliymen ile kesiştiğinde demiryolu araçları köşeli olan bu kısımdan geçemeyeceği için ancak adına kurp (eğri) denilen yollar ile geçebilmektedir. En düzgün eğri de bir dairenin yayı olacağı için

demiryolundaki kurplar da yarıçapı belli olan bir dairenin yayıdır.

**Yatay Kurplar:** Yolun eksenine göre ve kilometre artış istikametinde kurbun merkezi sağda olan kurplara sağ kurp, solda olan kurplara sol kurp denilmektedir.

**Düşey Kurplar:** Çeşitli meyillerin kesiştiği yerlerde bazı kırık noktalar oluşmaktadır. Bu eğim değişiklikleri düşey eğrilerle yuvarlatılarak birleştirilmektedir.

Böylece vasıtaların rahatlıkla geçmeleri sağlanmış olur. Bu tip merkezi yer eksenli yönünde olan kurplara düşey kurp denilmektedir. Düşey kurpların yarıçapları 5000 metreden az olamaz.

**Yarıçap:** Merkezden çembere kadar olan ve bütün dairede hep aynı kalan değişmez boyuta yarıçap denilmektedir. Matematikte çap R harfi ile, yarıçap r harfi ile ifade edilmekte olmasına rağmen demiryolu kurplarında çap ölçüsü kullanılmaz, yarıçap ölçüsü kullanıldığı için, yarıçap (R) harfi ile ifade edilmektedir (Anonim-5, 2008). Kurp yarıçaplarının yıllara göre istatistikleri Tablo 1.'de verilmektedir.

**Tablo 1.** TCDD konvansiyonel hatların yıllara göre kurp yarıçapı değişimi (Anonim-2, Anonim-6, Anonim-7)

Kurp Yarıçapı (Metre)	Yıllar					
	2008		2009		2010	
	Adet	Uzunluk (Km)	Adet	Uzunluk (Km)	Adet	Uzunluk (Km)
200-500	6124	1579	6090	1574	6100	1576
501-1000	2983	1024	2963	1025	2971	1031
1001-1500	455	177	456	177	457	179
1501-2000	440	189	440	189	442	192
2000 m'den büyük	323	117	342	117	348	122
Düz Yol	-	5613	-	5604	-	5622
Toplam	10325	8699	10291	8686	10318	8722

**Tanjant:** Doğru yoldan, daire yayı olan kurbun ayrılmaya başladığı noktaya tanjant denilmektedir. Bir kurbun iki tanjantı vardır. Kilometre artış istikametine göre birincisi giriş tanjantı (TO), ikincisi çıkış tanjantı (TF) olarak isimlendirilir.

**Developman:** Kurbun iki tanjantı arasında kalan uzunluk developman olarak isimlendirilmektedir. Diğer bir tanıma göre developman, kurbun giriş tanjantı (TO) ile çıkış tanjantı (TF) arasındaki mesafeye denilmektedir (Anonim-5, 2008)

**Parabol:** Karayolları ve demiryollarında kullanılan yüksek proje hızlarının uygulanabilir olması, bu yollarda yol-araç dinamiği özelliğine uygun geçki elemanlarının kullanılmasını gerekli kılmıştır. Yüksek hızların söz konusu olduğu yollarda, iki doğru parçasının (alinymanın) dairesel bir kurpla birleştirilmesi yeterli olmamakta bunun yerine araçları etkileyen merkez kaç kuvvetinin ani etkisinin yavaş yavaş artmasını ya da azalmasını sağlayan geçiş eğrileri (parabol) kullanılmaktadır (Baykal, 1996; Tari, 1997).

Trenler doğru yoldan kurba girerken veya kurptan çıkarken doğru yol ile kurbun birleştiği "tanjant" adını verdiğimiz noktada bir sarsıntıya maruz kalırlar. İşte bu sarsıntıyı önlemek için kurbun her iki başına bir geçiş (alıştırma) eğrisi konulur ki bu eğriye rakortman parabolü veya kısaca parabol denir. Bu eğrinin yarısı doğru yolda, yarısı kurptadır. Yarıçapı her noktasında farklıdır. Yarıçapı sonsuzdan başlayarak gittikçe değişerek küçülür sonunda kurp yarıçapına eşit olur. Parabolün doğru yoldaki başlangıç noktasına (Parabol Orjin) PO, parabolün kurp üzerindeki bitiş noktasına (Parabol Final) PF denilir. Parabol demiryolunda; trenlerin kurplara sarsıntısız girmesi ve deverlerin, sürekartmanın, fleşlerin azar azar artırılarak verilmesini sağlamak için verilmektedir.

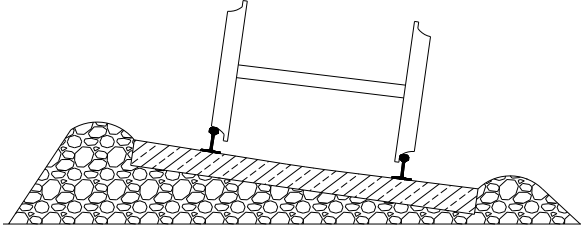
**Merkezkaç Kuvvet:** Bir ipin ucuna taş bağlayıp çevirirsek ipi geren bir kuvvetin ortaya çıktığını görürüz. Dönen her cisim döndüğü çemberin dışına doğru kaçıp gitmek ister. Merkezden dışarı doğru etki eden bu kuvvete merkezkaç kuvveti denilmektedir. Merkezkaç kuvveti, kurplara giren vasıtaları merkezin dışına doğru atmak ister. Bunu önlemek için kurpların dış raylarına dever verilmektedir. Yola intikal eden merkezkaç kuvvetleri kurplarda belirlenen hıza göre verilmesi gerekenden az dever verilmesi ve trenlerin belirlenen hızdan (maksimum hızdan) fazla hız yapması gibi etkenlerle artmaktadır. Merkezkaç kuvvetinin zararları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Çeken ve çekilen araçların merkezden kurp dışına doğru savrulmalarına ve derayına neden olmaktadır.
- Araçların kurp dışına kaymasından dolayı dış tekerlek bodenleri, dış ray mantarının iç yanağına basınç yaparak bodenlerin aşınmasına ve ek direnç doğmasına neden olmaktadır.
- Araçların ve araçların içinde bulunan yük ve yolculara, kurp dışına doğru iten bir ivme meydana gelir, bunun sonucunda konfor bozulur. Bu nedenle de yolcular rahatsız olur ve yüklerin güvenliği azalmaktadır.
- Kurplarda hattın dış rayı içtekine göre daha çabuk aşınır ve bu raya ait bağlantılar daha çabuk gevşeyerek laçkalaşmaktadırlar.
- Kurbun dış ray dizisinin altında kalan balast tabakası iç raydakinden daha çabuk ufalanır.

**Merkezci Kuvvet:** Kurplarda hızlara göre dever verilmesi, devere göre de hız yapılması gerekmektedir. Kurplarda; belirlenen hıza göre verilmesi gerekenden daha fazla dever verilmesi ve trenlerin normalin altında hız yapması veya durması gibi nedenlerle çeken ve çekilen araçlarda merkezkaç kuvvetinin tersine kurp merkezi yönünde oluşan etkiye merkezci kuvvet

denilmektedir. Merkezci kuvvetlerin zararları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Merkezci kuvvetlerin etkisi ile kurplarda; iç ray üzerindeki teker küçük çember üzerinde gitmesi gerekirken büyük çember üzerinde, dış ray üzerindeki teker büyük çember üzerinde gitmesi gerekirken küçük çember üzerinde gidecektir. Bu durumda iç ray üzerindeki tekerin dıştaki tekere göre fazla yol alması, aynı dingildeki tekerler arasında dengesizliklere ve kaymalara neden olacaktır. Bu durumlar aracın deray etme olasılığını artıracaktır. Trenin deray etmesi sonucu ise can ve mal kayıpları meydana gelmekte ve bu durumun kişilere, işletmeciler kuruluşa ve topluma verdiği zararların mahiyeti ise çok büyüktür. Şekil 2.'de iç ray üzerindeki tekerin büyük çember, dış ray üzerindeki tekerin ise küçük çember üzerinde hareket etmesi görülmektedir.



**Şekil 2.** İç ray üzerindeki tekerin büyük çember, dış ray üzerindeki tekerin ise küçük çember üzerinde gitmesi

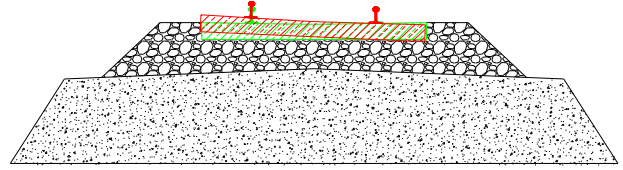
- Özellikle içinde akıcı yük bulunan ve tam dolu olmayan vagonların kurp içine doğru kaymasıyla vagon ağırlık merkezi, kurbun iç rayı yönüne kayar. Hamule dengesizlikleri nedeniyle deray etme riski artar.
- Kurbun iç ray dizisi tarafındaki üstyapı malzemelerinde aşırı yük nedeniyle; aşınma, laçkalaşma, eğilme veya kırılma şeklinde zararlar görülebilir (Ray mantarında mantar genişlemesi şeklinde ezilmeler, tirfonlarda ve yuvalarında eğilme ile laçkalıklar, ray-travers ve malzeme kırılmaları, balast ufalanmaları vb.).
- Araçların kurbun iç ray dizisi tarafındaki tekerleklerinde ve mekanik aksamında aşırı yük nedeniyle çabuk aşınmalar, eğilmeler ve kırılmalar meydana gelebilir.
- Araçların kurbun iç tarafında kalan üst köşeleri; tünel ve kafes kirişli köprü gibi sanat yapılarına, yan duvarlarına yaklaşarak tehlikeli sürtünmeler meydana gelebilir (Anonim-5, 2008).

## 2. DEVER

Hareket halindeki bir araç aliymandan çıkıp kurba girdiğinde bu araca bir merkezkaç kuvveti etki eder. Bu

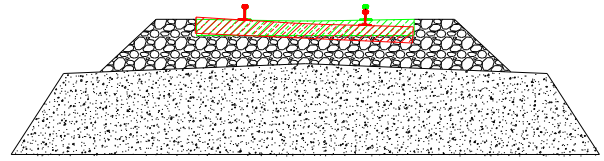
kuvvetin etkisinden aracı kurtarmak ve bu kuvvetin etkisini karşılamak amacıyla yol en kesitine enine bir eğim verilmelidir. Yolun bu kısmında enine olarak verilen ve düzenli bir artış gösteren (dever) eğim (Can, 2006) demiryolunda (karayolunda) üç şekilde verilmektedir;

- Dış ray dizisi (yolun dış kenarı) içteki ray dizisine (yolun iç kenarına) göre dever kadar yükseltilir. Bu uygulamada yol ekseninin kotu deverin yarısı kadar yükselmiş olmaktadır. Şekil 3.'de dış ray dizisinin, içteki ray dizisine göre dever kadar yükseltilmesi uygulaması gösterilmiştir.



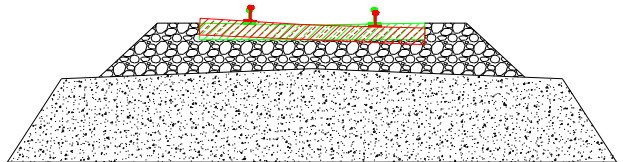
**Şekil 3.** Dış ray dizisinin, içteki ray dizisine göre dever kadar yükseltilmesi

- İç ray dizisi (yolun iç kenarı) dış ray dizisine (yolun dış kenarına) göre dever kadar alçaltılır. Bu uygulamada yol ekseninin kotu deverin yarısı kadar alçalmış olmaktadır. Şekil 4.'de iç ray dizisinin, dış ray dizisine göre dever kadar alçaltılması uygulaması gösterilmiştir.



**Şekil 4.** İç ray dizisinin, dış ray dizisine göre dever kadar alçaltılması

- Dış ray dizisi (yolun dış kenarı) deverin yarısı kadar yükseltilirken içteki ray dizisi (yolun iç kenarı) deverin yarısı kadar alçaltılır. Bu uygulamada ise yol ekseninin kotunda hiçbir değişiklik olmamaktadır (Bozkurt, 1989; Yayla, 2004) Şekil 5.'de dış ray dizisinin deverin yarısı kadar yükseltilmesi, iç ray dizisinin deverin yarısı kadar alçaltılması uygulaması gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Dış ray dizisinin deverin yarısı kadar yükseltilmesi, iç ray dizisinin deverin yarısı kadar alçaltılması

Bazı demiryolları yol ekseninin kotunun değişmemesi bakımından üçüncü çözüm şeklini kabul etmiş olmakla

beraber, genel olarak dış rayın yükseltilmesi şekli olan birinci çözüm şekli uygulanmaktadır. Çünkü bu halde balast tabakası kalınlığı hiçbir yerde azalmamış olmaktadır (Bozkurt, 1989).

Kurplarda belirli hızda giden vasıtaları savurmak isteyen merkezkaç kuvvetini, sıfıra indirmek yani devirme momentini sıfır yapabilmek için merkezkaç kuvveti ile vagonun kitle olarak ağırlığını gösteren kuvvetin bileşkesini, ray üzerinden geçen düzleme dik ve yol açıklığının ortasına (mihverine) getirmek üzere dış rayın bir miktar kaldırılması gerekmektedir. İşte merkezkaç kuvvetleri karşılamak ve zararsız hâle getirmek için yatay kurplarda dış ray dizisinin iç ray dizisine nazaran belirli bir miktarda yükseltilmesine dever denilmektedir.

Dever hız ile doğru orantılı, yarıçap ile ters orantılıdır. Yani hız arttıkça dever de artar. Yarıçap büyüdükçe dever küçülür. Dever, hesabına ve uygulanaşına göre teorik, normal ve minimum dever olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Şekil 6.'da Ankara-Konya hızlı tren hattında yatay kurpda uygulanan dever örneği verilmiştir.



Şekil 6. Hızlı tren hattında dever uygulaması (Anonim-8)

**Teorik Dever:** Adından da anlaşılacağı üzere pratikte uygulanmayan ancak hattın coğrafi yapısının uygun olması halinde (eğimsiz yollarda) uygulanabilecek en fazla dever miktarına denir. Teorik dever uygulandığında özellikle eğimli ve düşük süratli yollarda kurbun iç raylarında aşırı aşınma ve akıcı hamuleli vagonlarda içe devrilmeler meydana geleceğinden uygulanması mümkün olmamaktadır. Teorik dever aşağıda verilen formül (1) ile hesaplanmaktadır. Bu formülde V hızı, R ise kurbun yarıçapını ifade etmektedir.

$$d_{Teorik} = \frac{11,8xV^2}{R} \quad (1)$$

**Normal (İdeal) Dever:** Eğimli yollarda ve her türlü coğrafi yapıda uygulanabilen deverdir. Teorik deverin uygulanmasındaki sakıncalar nedeniyle ülkeler, raylarda en az aşınma yaratan ve hatta uygulanabilecek

değişik dever formüllerini kullanıp tatbik etmektedir. Ülkemizde ise Almanya tarafından da, kullanılmakta olan aşağıda verilen formül (2) ile ideal dever hesaplanmaktadır. Bu formülde V hızı, R ise kurbun yarıçapını ifade etmektedir.

$$d_{Normal} = \frac{8xV^2}{R} \quad (2)$$

**Minimum Dever:** Merkezkaç kuvvet dolayısı ile yolcular ve eşya, vagon içinde bir kuvvete maruz kaldıklarına göre yolcuları rahatsız etmeyecek şekilde ve devirme momentinin yüksek olmaması şartı ile teorik deverden bir miktar indirme yapılması kabul edilmiştir.

Bu indirilecek miktar; konfor katsayısının (y) 1500 katı alınarak bulunmaktadır. Konfor katsayısı Fransa'da 0,1; Almanya'da 0,06 olarak kabul edilmiştir. Ülkemizde demiryolu uygulamalarında ise konfor katsayısı olarak 0,066 kabul görmektedir.

Demiryoluna verilecek minimum dever hesabında teorik deverden eksiltilecek miktar (1500x0,066) 100 mm olarak uygulanmaktadır. Normal deverin verilmesi mümkün olmadığı durumlara, trenlerin emniyet içinde seyredebilmeleri için verilmesi gereken en az dever miktarı formül (3) ile hesaplanmaktadır. Bu formülde V hızı, R ise kurbun yarıçapını ifade etmektedir.

$$d_{Minimum} = \frac{11,8xV^2}{R} - 100 \quad (3)$$

Bütün demiryolu idareleri dever için birer maksimum değer kabul etmişlerdir. Örneğin Fransız demiryollarında 180 mm, Alman demiryollarında 160 mm dever uygulanmaktadır. Ancak söz konusu bu değerler trenlerin üzerinde durması gereken kurplarda 120 mm üzerindeki deverlerde sakıncalar meydana getirmektedir. Bunun için ancak trenlerin üzerinde durmasının bahsi olmadığı kurplarda dever 120 mm üzerindeki değerler almalıdır. Bugün çok yüksek hızların yapıldığı demiryollarında maksimum dever olarak 150 mm'nin üstüne çıkılmamaktadır (Bozkurt, 1989).

**Sürate Göre Olması Gereken Dever Rampa Eğimi ve Uzunluğunun Bulunması:** Vasıtaların aliymandan dever rampasına ve dever rampasından sabit deverli kurba geçişlerinde meydana gelen dönme hareketleri sebebiyle tekerleklerden bazıları hafifler, bazıları da fazla yüke maruz kalır. Bu hâl hız ile doğru orantılıdır.

Tekerleklerin daha fazla hafiflemesi ve bundan da derayman tehlikesi doğmaması için dever rampalarında eğim değiştirilmemelidir. Bundan kaçınılamıyorsa yuvarlatma yarıçapları (düşey kurp yarıçapları) mümkün olduğunca büyük olmalıdır.

Deveri ve sürati belli bir kurpta olması gereken ideal dever rampa uzunluğunu;

- $50 \text{ km/s} \leq V < 200 \text{ km/s}$  ise formül (4),
- $V \geq 200 \text{ km/s}$  ise formülü (5) ile hesaplanmaktadır. Bu formüllerde L dever rampa uzunluğunu, V hızı, d ise dever miktarını ifade etmektedir.

$$L = \frac{10xVxd}{1000} \quad (4)$$

$$L = \frac{12xVxd}{1000} \quad (5)$$

**Demiryolu Makaslarında Dever Uygulaması:** Özel durumlar hariç makas sapan yollarına dever verilmez. Özel (hususî) makaslara dever verilmesi: Sapan ve doğru yolları R<sub>1</sub> ve R<sub>2</sub> yarıçaplı, aynı merkezli (yönlü) iki kurp üzerinde olduğunu farz edelim. Bu durumda her iki kurp için ayrı ayrı iki dever vermek gerekecektir. Hâlbuki makasın dil takımını hareket ettirebilmek bakımından makası komple (tümünü) bir tek eğik düzlem üzerine koymak gerekir. Bu durumda makasın bulunduğu kısımda ancak dever verilebilir.

Makastan sonraki kısımda hattın dış rayını yükseltmek, iç rayını alçaltmak suretiyle her iki kurba da dever verilebilir. İki hattan hangisi daha önemliyse makasa o hattın deveri verilir. Eğer her iki hat aynı önemde ise o takdirde ortalama bir dever verilir. Makasın doğru yoluna göre sapan yoluna üstünlük tanınmış ise sapan yolda hesaplanan deverin verilmesi hâlinde doğru yoldan geçen vasıtaların yana eğilmesine sebep olacaktır. Bunun için dever düşürülerek uygulanır. Bu durumda demir yollarında maksimum dever 60 mm olarak sınırlandırılmıştır. Sapan ve doğru yollar, zıt yönlü kurplar üzerinde ise (simetrik makas ise) bu takdirde dever verilmez. Bu durumda hızın düşürülmesi gerekir.

**İstasyon Yollarında ve Kesişen Hatlarda Dever Uygulaması:** İstasyonlarda istenen deverin verilmesine genellikle imkân bulunamaz. Bu takdirde hiç olmazsa durmadan geçen trenlerin geçtiği yol üzerindeki kurplarda mümkün olduğu kadar hesap edilen devere yakın bir dever vermeye çalışılır. Bu da mümkün olmazsa trenlerin hızı düşürülür. İstasyon giriş ve çıkışlarında makasa yakın kurplarda tenzilli dever uygulanmalıdır. Kesişen iki demir yolundan birinin kurp olması halinde, bu kurba dever verilmez.

**Hemzemin Geçitlerde Dever Uygulaması:** Kurplu hemzemin geçitlerde; araçların patinaj yapmaması, araçların altının kurbun dış rayına çarpmaması ve dolayısı ile kazalar meydana gelmemesi için iç raydan dış raya olan yol eğimi yüzde 7'den fazla olmamalıdır. Kurplu hemzemin geçitlerde (tek hatlı da olsa) 105 mm'den fazla dever vermek sakıncalıdır. Ancak, tek hatlı hemzemin geçitlerde yolun içi ve dış rayın

dışından itibaren en az 50 metrelik karayolu kesimi eğimsiz olarak asfalt veya betonla (oynak olmayan kaplama ile) kaplanırsa normal dever uygulanabilir. Çift ve daha fazla hatlı hemzemin geçitlerde ise yukarıda belirtildiği şekilde dolgu yapılamayacağından 100 mm' den fazla dever verilmez. Bunun sağlanması için bu noktada gerekirse seyir sınırlaması yapılmalıdır.

**Tenzilli Dever ve Uygulandığı Yerler:** Yolun eğimi ve deverinin araçlar için karşı bir direnç oluşturduğu bilinmektedir. Yüksek eğimli hat kesimin olduğu kurplarda dever tenzil edilerek yani azaltılarak uygulanmalıdır. Bu durumda ki hat kesimlerinde bazı yerlerde eğimin binde 15'i (% 0,15) geçtiği devamlı rampalarda dever 1/3 indirilerek 2/3 uygulanır. Örneğin, normal dever 120 mm ise 40 mm indirilerek 80 mm dever verilmelidir. Ancak verilecek tenzilli dever minimum deverden az olmamalıdır.

Gabari bakımından dar ve sorunlu olan tüneller ile özellikle kafes kirişli köprülerdeki kurplarda tam dever verilmez. Çünkü verildiği takdirde deverin etkisiyle tünellerde ve köprülerde kurp iç rayı tarafında gabaride daralmalar dolayısıyla da sürtünmeler meydana gelebilir. Böyle yerlerde belirtilen nedenlerle tenzilli dever (indirimli dever) uygulanmalıdır.

Demiryolu araçları kurptan geçerken bir miktar kurbun fleşinden, bir miktarda deverden dolayı iç tarafa taşacaklarından kurp üzerinde bulunan tünel, kafes kirişli köprülerde serbest saha gabarisini bir miktar artırmak lazımdır. Bunun için buralarda bulunan kurplarda deverden dolayı deverin en az iki katı kadar yol mihveri dış ray tarafına kaydırılmalıdır.

**Dever Akordları:** Bazı küçük yarıçaplı kurpların parabollerindeki dever taksimatlarında aşağıda belirtildiği şekilde olumsuzluklar çıkabilir. Bu durumda deverde ayarlamalar ve düzenlemeler yapılır. Bu işlemlere dever akordu denilmektedir.

- Dever rampası eğiminin istenilen sürata uygun olmaması halinde,
- Merkezleri aynı yönde olan iki kurpta PO'lar arası mesafenin V/5'ten küçük olması halinde,
- Bir kurbun iki PF'si arasındaki mesafenin V/5'ten küçük olması halinde,
- Aynı yönde ve PO'ları müşterek sepet kurplarda,
- Merkezleri aynı yönde ve PO'ları iç içe girmiş sepet kurpta komşu parabolde,
- PO'ları müşterek "S" kurplarda,
- PO'lar arası (C mesafesi) V/5'ten az olan ve sürat yarıçap ve deverleri değişik "S" kurplarda,

- PO'lar arası (C Mesafesi) V/5'ten az olan "S" kurplarda (Anonim-5, 2008).

### 3. SONUÇLAR

Ulaştırma sistemlerinin kaçınılmaz bir yönü trafik kazalarıdır. Kazaların verdiği zararların tahmini ve hesaplanması oldukça karışık ve zordur. Sistemlerin kaza yapma olasılığı fiziksel özerklikleri ile ters orantılıdır. Fiziksel özerkliği yüksek olan yani diğer sistemlerden bağımsız işletilen türlerde kaza/yolcu-km. oranı daha düşüktür. Ulaşım sistemleri içerisinde kaza oranlarına göre sıralama yapılırsa tren ve metro en başlarda gelmektedir. Demiryollarında meydana gelen kazaların en aza indirilebilmesi için alınması gereken önlemlerden birisi yol geometrik standartlarının iyileştirilmesidir. Demiryollarının mühendislik olarak planlanmasında yol geometrisinin standartları arasında yer alan dever hesaplaması ve dever uygulamaları, demiryolu geometrisi açısından çok büyük öneme sahiptir.

Demiryolu hatlarında, deverin az verilmesi sonucunda demiryolu ve demiryolu araçlarında aşağıda belirtilen hasarlar meydana gelmektedir;

- Demiryolu araçlarının dış ray dizisine yüklenerek ray mantarının iç yüzeyinin aşınması,
- Demiryolu araçlarının dış ray dizisine yüklenerek rayı dışa doğru devirmeye çalışır. Bunun sonucunda dış raya ait küçük yol malzemeleri gevşer ve laçkalaşır,
- Demiryolu araçlarının dış ray dizisine yüklenerek dış ray dizisine daha fazla yük geleceğinden dış ray dizisi tarafındaki balast çabuk parçalanır ve özelliğini kaybeder,
- Zorlama sonucu travers yatakları çabuk bozulur. Bunun sonucu olarak ekartmanda açılmalar meydana gelir,
- Demiryolu araçları içindeki insan, hayvan ve eşyaların kurp dışına doğru itilip dengelerinin bozulmasına ve yerlerinin değişmesine, dolayısıyla akıcı ve kayıcı cisimlerin vagon içinde dış ray yönüne kaymasına ve dingil basınç dengesinin bozulmasına, dış ray tarafındaki dingil yataklarının yanmasına ve aynı zamanda merkezkaç kuvvetinin daha da artmasına neden olmaktadır,
- Demiryolu araçlarının dış ray dizisine yüklenerek tekerlek bodenlerinin dış ray mantarında sürtünmesi sonucu fren etkisi meydana getirir (sürtünme kuvveti artar) bunun sonucunda demiryolu aracına ek dirençler gelmiş olur ve bu da demiryolu aracının çekme gücünün düşmesine neden olmaktadır.

Demiryolu hatlarında, deverin fazla verilmesi sonucunda demiryolu ve demiryolu araçlarında aşağıda belirtilen hasarlar meydana gelmektedir;

- Demiryolu araçları gereğinden fazla iç ray üzerine yüklenerek iç ray mantarının ezilmesine neden olmaktadır,
- Deverin fazla olmasından dolayı vagon ve makinelerin kurp merkezi tarafında kalan üst köşeleri tünel, kafes kirişli köprü gibi sanat yapılarının yan duvarlarına (yani yapı gabarisinin dışına çıkmış olunur) sürterek tehlikeye neden olmaktadır,
- Demiryolu araçları içindeki insan, hayvan ve eşyaların kurp içine doğru itilip dengelerinin bozulmasına ve yerlerinin değişmesine, dolayısıyla akıcı ve kayıcı cisimlerin vagon içinde iç ray yönüne kaymasına ve dingil basınç dengesinin bozulmasına, iç ray tarafındaki dingil yataklarının yanmasına neden olmaktadır.

Bunun yanında deverin bozulmadan kalabilmesi demiryollarında karayolu kadar kolay olmamaktadır. Demiryolunda sürekli dever kontrolü yapılmalı ve uygulanan deverin sınır değerler arasında kalması sağlanmalıdır.

### Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors

### KAYNAKLAR

- Anonim-1, (2011). Demiryolu İnşaatı. *Raylı Sistemler Teknolojisi*, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara.
- Anonim-2, (2011). T.C. Devlet Demiryolları İstatistik Yılığ 2006-2010. *Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı İstatistik Şubesi*, Ankara.
- Anonim-3, (2012). <http://www.tcdd.gov.tr/upload/Files/ContentFiles/2010/harita/TR-M-S-001.jpg>, 04.06.2012.
- Anonim-4, (2011). Ulaştırma ve Haberleşme Terimleri Sözlüğü. *Ulaştırma Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı*, Ankara.
- Anonim-5, (2008). Kurplar. *Raylı Sistemler Teknolojisi*, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara.
- Anonim-6, (2009). T.C. Devlet Demiryolları İstatistik Yılığ 2004-2008. *Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı İstatistik Şubesi*, İlkay Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Anonim-7, (2010). T.C. Devlet Demiryolları İstatistik Yılığ 2005-2009. *Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı İstatistik Şubesi*, İlkay Ofset Matbaacılık, Ankara.

- Anonim-8,  
(2012),<http://hizlitren.tcdd.gov.tr/home/detail/?id=8>, 16.05.2012
- Baykal, O., (1996). Concept of Lateral Change of Acceleration. *ASCE Journal of Surveying Engineering*, Vol.122, No.3, pp. 132-141.
- Bozkurt, M., (1989). Demiryolu I. *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası*, İstanbul.
- Can, E., (2006). Sürat Yollarındaki Geçki Elemanlarının Taşıtlarına ve Dever Uygulamalarına Bağlı Olarak Analitik İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak.
- Güler, H., Jovanovic, S., (2005). Demiryollarında Hız Yükseltilmesi Amacıyla Yapılması Gerekliliği Üzerine Çalışmalar. *6.Ulaştırma Kongresi*, 275-286, İstanbul.
- Koparan, Y. C., Kuşçu, Ş., Şahin H., (2005). Karayolu Projelendirilmesinde Kullanılan Grafik Tasarım Programlarından Beklentiler. *2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 23-25 Kasım, 313-322, İstanbul.
- Kozak, M., (2010). Beton Travers Üretiminde Agregaların Türü (Bazalt-Kalker) ve Çelik Lifin Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, 2010.
- Kozak, M., (2012). Hemzemin Geçitlerdeki Kaplama Çeşitleri ve Güvenliğe Etkisinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, Cilt 2, Sayı 1, Sayfa 1-11.
- Tarı, E., (1997). Geçki Tasarımında Yeni Eğri Yaklaşımları. *Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Yayla, N., (2004). Karayolu Mühendisliği. *Birsen Yayınevi*, İstanbul.