

**Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN:13133)  
2015-2016 Güz Yarıyılı**

- Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoğlu
- Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu

## Ders Bilgileri

### Dönemiçi ders planı

Hafta	Tarih	Konu
Hafta1	15.09.2015	<b>Ulaştırma ve Demiryolu Mühendisliğine Giriş</b>
Hafta2	22.09.2015	<b>Demiryolu Araçlarının Özellikleri, Nadal Kuramı</b>
Hafta3	29.09.2015	<b>Demiryolu Araçlarının Çekim Mekanığı</b>
Hafta4	06.10.2015	<b>Demiryolu Araçlarının Çekim Mekanığı</b>
Hafta5	13.10.2015	<b>Geçki Geometrik Özellikleri (Yatay Kurblar, Dever, Birleştirme Eğrileri)</b>
Hafta6	20.10.2015	<b>Geçki Geometrik Özellikleri (Eğimler)</b>
Hafta7	27.10.2015	<b>Güzergah-Geçki Araştırması ve Etüd, Trafik, Hat Kapasitesi</b>
Hafta8	03.11.2015	<b>Demiryolu Üstyapı Elemanları</b>
Hafta9	10.11.2015	<b>Toprak İşlerine Giriş, Temel Kavramlar, Dönemiçi 1. Sınav</b>
Hafta10	17.11.2015	<b>Toprak İşlerinde Enkesit Alanları ve Hacimleri</b>
Hafta11	24.11.2015	<b>Kütleler Diyagramı ve Toprak Dağıtımı</b>
Hafta12	01.12.2015	<b>Genel Yönteme Göre Toprak Dağıtımı</b>
Hafta13	08.12.2015	<b>Brückner Yöntemine Göre Toprak Dağıtımı</b>
Hafta14	15.12.2015	<b>Kazı Yöntemleri ve Kullanılan Mekanik Araçlar</b>
Hafta15	22.12.2015	<b>Dönemiçi 2. Sınav</b>



## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

Demiryol taşımalarını teknik ve ekonomik açıdan irdeleyebilmek, demiryol arabalarının belli başlı özelliklerinin bilinmesi ile olasıdır.

Demiryol Taşıtlarının Türleri

- **Çekilen (taşıyıcı) arabalar:** yolcu ve yük taşımalarına göre yolcu ya da yük vagonu olarak sınıflandırılabilirler.
- **Çekici arabalar (lokomotifler):** Üzerinde çekim gücünün üretildiği ve arkalarına taşıyıcı arabalar takılan taşıtlar genellikle 'lokomotif' adını alır. Farklı yönlerden sınıflandırılacak lokomotifler esas olarak çekimde yararlanılan enerji kaynağına göre sınıflandırılır (buharlı, dizel, elektrikli gibi).
- **Otomotris - Otoray:** Hem yolcuları içinde taşıyan hem de çekici gücün üzerinde üretildiği taşıtlardır. Elektrikle çekilenlere 'otomotris', dizelle çekilenlere 'otoray' denir.



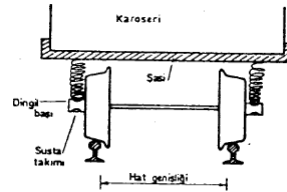
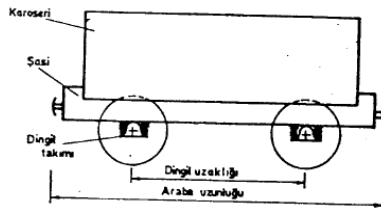
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 3

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

Demiryol arabaları ister çekilen, ister çekici ya da ister otomotris-otoray olsun, 3 kısımdan oluşurlar:

- **Karoseri:** Canlı ve cansızların, çekici arabada ise çekim gücünü oluşturan düzeneğin ve makinistin içinde taşındığı sandıktır.
- **Şasi:** Karoserinin oturduğu bu kısımda; arabaları birbirlerine bağlamaya yarayan koşum takımları düzeni, aydınlatma ve ısıtma düzenleri ile çarpışmaya karşı güvenlik düzeni olan tamponlar yer alır.
- **Dingil Takımı:** Karoseri ve şasiden gelen yükün taşındığı ve raylar üzerinde yuvarlanmayı sağlayan kısımdır.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 4

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

### Dingil Takımı

- Bir dingil takımı; iki tekerlek ve bunları birleştiren bir dingilden (eksen) oluşur.
- Dingilin iki ucunda birer yatak yeri (kaymalı, rulmanlı ya da bilyeli) vardır.
- Şasi dingiller üzerine, dingilleri üstten ve yandan kavrayan bu yataklar yardımıyla oturur.
- Dingil bir yandan şasiden gelen yükü taşıırken diğer yandan dönebilmeye olanağına sahiptir.
- Bu özellik nedeniyle, dingil başlarıyla yataklar arasındaki sürtünmeyi azaltmak için dingil başları tam yağdanlık içerisindedir. Çekilen arabalarda yatak yerleri tekerleğin dışında (böylece hat genişliği için olası en büyük araba genişliği sağlanır), lokomotiflerde ise iç yanındadır.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 5

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

### Dingiller görevlerine göre ikiye ayrılabilirler:

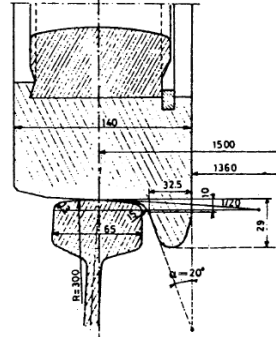
- Yürütücü (motris) dingiller: Motor ya da herhangi bir mekanik düzenle döndürülen ve hareketi sağlayan dingillerdir.
- Taşıyıcı dingiller: Yalnız üzerlerine binen yükü taşıyan ve yürütücü dingiller sayesinde hareket edebilen dingillerdir.

### Tekerlekler

Demiryol arabalarının dingilleri bir eksen (aks) ve bunun üzerine sıkı sıkıya bağlanmış iki tekerlektir.

Tekerlekler bandajlı ve monoblok olmak üzere 2 türdür.

Bandajlı tekerlek gövdesi üzerine belirli bir sıklıkta bandaj geçirilir.



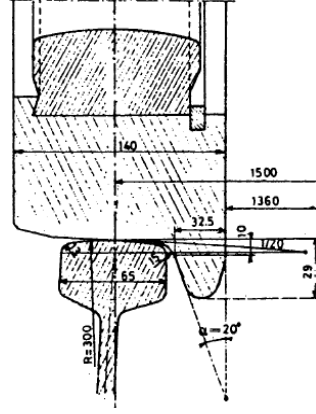
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 6

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

### Bandajlı tekerlekler

- Bandajlı tekerlek gövdesi üzerine belirli bir sıklıkta bandaj geçirilir.
- Uzun frenleme gibi anormal ısınma etkisi altında bandajın tekerlek gövdesinden sıyrılmasını engelleyecek bir kama vardır.
- Bandaj genellikle çekme dayanımı  $75\text{kg/mm}^2$  olan sert çelikten yapılır. Bazı ülkelerde çekme dayanımı  $100\text{kg/mm}^2$  olan (nikelli, kromlu su verilmiş vb gibi) daha sert çelikler kullanılmakta, fakat, bunlarda karbon oranının fazlalığından dolayı, kırılma ve çatlama gibi bozulma görülme olasılığı fazladır.
- Daha sert çelik, bandajın bakım periyodunu uzatmak bakımından üstündür.



## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

### Monoblok tekerleklerin kullanımı ise genelde iki şekilde üstündür:

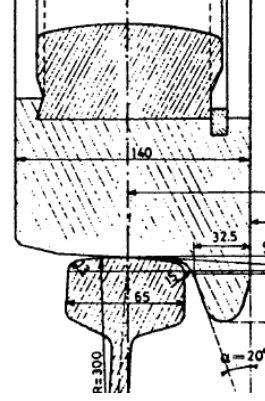
- Yuvarlanma aşınımları az olduğu zaman, görelî olarak küçük yüklerle dayanan monoblok tekerleklerin kullanımı uygun (otoray tekerlekleri gibi).
- Bandaj çıkması kaygısını uyandıracak ölçüde sık frenlemenin yapıldığı durumlarda kullanılması uygun (banliyö otomotrisleri gibi)



## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

**Bandaj Profili:** İster bandajlı isterse de monoblok olsun, bandaj iki kısımdan oluşur:

- Buden: Kılavuzlanma işlevini yerine getirir.
- Aderans yüzeyi: Ağırlığı taşıyan ve aderansı sağlayan yuvarlanma yüzeyidir. Hat içine doğru 1/20 eğiktir. Bandaja verilen bu eğiklik; arabaları yol ekseninde tutmak ve kurb geçişlerinde direnim ve dolayısıyla aşınımı azaltmaya yöneliktir.
- Ray yuvarlanma yüzeyi genişliğinin küçük ve sürtünme direncinin de zayıf olmasından dolayı, yuvarlanan tekerleklerin, dolayısıyla arabaların, yana kaymasını önlemek için özel bir düzeneğe gerek duyulur. Kılavuzlanmayı sağlayarak raydan çıkmayı engelleyen, tekerlek iç yanındaki bandaj çıkıntısı 'buden' bu amaçla kullanılmaktadır.

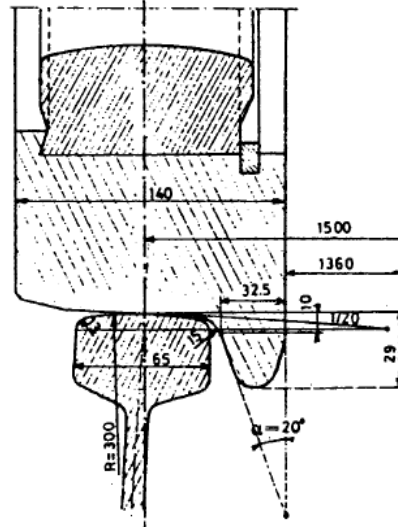


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 9

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

- Budenin yüksekliği 29 mm, yuvarlanma yüzeyinin 10 mm altındaki kalınlığı 32.5 mm.
- Budenin raya değme bölgesinde eğrilik yarıçapı 15 mm, buna karşılık gelen raydaki kesimin eğrilik yarıçapı 13 mm. Bunun nedeni, aşınmaya neden olan sürtünmeleri azaltacak biçimde bandajın yükü birkaç farklı noktada taşımalarını çözmek..
- Budenlerin 250-300km/sa hızlara uygun olduğu deneylerle gösterilmiştir.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

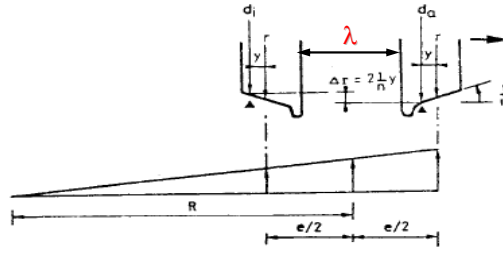
Slide 10

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri: Dingil Takımı Özellikleri

### Dingil Takımının Özellikleri

1. Dingillerin hat üzerinde serbestçe yuvarlanarak hareket edebilmeleri için, tekerlek budenlerinin iç yüzeyleri arasındaki ' $\lambda$ ' uzaklığının, hat genişliği ' $e$ 'den yeterince küçük olması gerekir.
2. Koniklik: Dingile ait tekerlekler, aralarındaki uzaklığın sabit kalabilmesi için dingile rijit biçimde kamalanmışlardır, birbirlerinden bağımsız dönemezler.

Dolayısıyla iç ve dış tekerlek dönüş sayısı aynıdır. Bu durum ise kurbardan geçişte sorun yaratır ve tekerlek bandajına özel bir biçim verilmesini gerektirir.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu

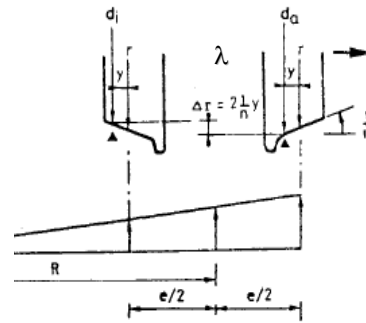
September 29, 2015

Slide 11

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri: Dingil Takımı Özellikleri

### Koniklik

- Kurba aynı merkez açısı altında, iç ray ve dış ray dizisi açılım uzunlukları farklı olup dış rayınki daha büyüktür. Tekerlek bandajının düz olması durumunda, dış tekerlekle iç tekerleğin beraber dönüşünden sonra dış tekerlek biraz daha ileriye kayacaktır. Bu kayma; rayla bandajın fazla aşınmasına ve dolayısıyla harekete karşı koyan direnimlerin artmasına neden olacaktır. Eğer tekerlek bandajlarına 'koniklik' verilirse; kurba girmiş dingilin merkezkaç kuvvetinden dolayı dışarıya kayması sonucu dış tekerlek yuvarlanma yarıçapı büyüyecek, iç tekerleğinki de küçülecektir.



Dolayısıyla, aynı dönüş sayısına rağmen dış tekerlek daha uzun yol alabilecek ve kayma önenebilecektir.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu

September 29, 2015

Slide 12

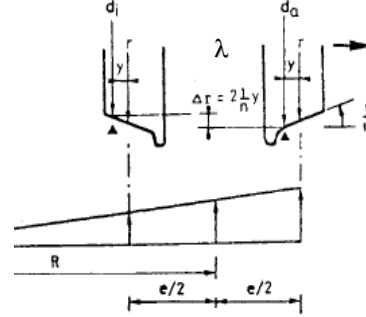
## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri: Dingil Takımı Özellikleri

Kaymanın tamamen önlenmesi için; iç ve dış tekerleklerin katedecekleri uzaklıklar, kat etmeleri gereken uzaklıklarla orantılı olmalıdır. Belirli bir ' $\alpha$ ' merkez açısına göre katedilmesi gerekli uzaklıklar:  $(2 \cdot \pi \cdot R_a \cdot \alpha^\circ) / 360^\circ$  ve  $(2 \cdot \pi \cdot R_i \cdot \alpha^\circ) / 360^\circ$  ve bir tekerlek dönüşünde kat edilen uzaklıklar:  $(\pi \cdot d_a)$  ve  $(\pi \cdot d_i)$ 'dir. Belirtilen kaymayı önleme şartına göre:

$$\frac{d_a}{d_i} = \frac{R_a}{R_i}$$

$$R_a = R + \frac{e}{2}, \quad d_a = d + 2 \cdot \frac{(e - \lambda)}{2 \cdot n}, \quad R_i = R - \frac{e}{2}, \quad d_i = d - 2 \cdot \frac{(e - \lambda)}{2 \cdot n}$$

$$e = 1.5m, d = 1.0m, n = 20 \text{ alınırsa: } R = \frac{n \cdot e}{2 \cdot (e - \lambda)} = \frac{30}{2 \cdot (e - \lambda)}$$



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu

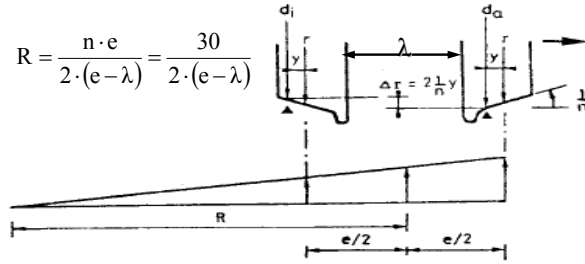
September 29, 2015

Slide 13

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri: Dingil Takımı Özellikleri

- Koniklik

$$R = \frac{n \cdot e}{2 \cdot (e - \lambda)} = \frac{30}{2 \cdot (e - \lambda)}$$



Verilen bağıntı geçerli ise kayma olmaz. Belirli bir kurb için ' $R$ ' sabit,  $(e - \lambda)$  değişkendir. Dolayısıyla farklı  $(e - \lambda)$  değerleri için iç ya da dış tekerlek kayacak, az da olsa ray ve tekerlek aşınması ile ek direnimsiz oluşması olacak, tamamen ortadan kaldırılamayacaktır.



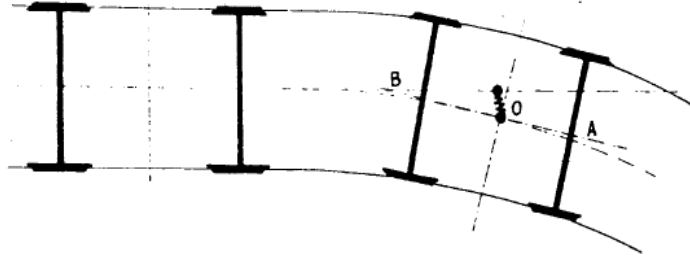
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu

September 29, 2015

Slide 14

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

3. Demiryol arabalarında dingiller sürekli birbirlerine paraleldir. Oysa karayolu arabalarında ön dingil düşey bir eksen etrafında dönebilir. Dingillerin bu özelliği; demiryollarında kurba yarıçaplarının, karayollarındakine görece olarak daha büyük olmasını gerektirir. Küçük yarıçaplı kurbalarda tekerleklerin raylara uyumu güçleşmekte ve aşınım ve direnimler artmaktadır.

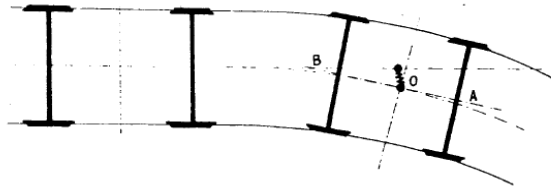


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 15

## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri

4. Demiryollarında özellikle yolcu arabalarında rijit dingil uzaklığı denilen, birbirlerine sürekli paralel uç dingiller arası uzaklığı küçültmek kurbalardan geçişi kolaylaştırmak amacıyla 'boji' denilen bir düzen vardır. Boji, ağırlık merkezine yakın bir noktadaki düşey eksen etrafında dönebilen 2 dingile sahip küçük bir arabadır. Boji dingillerinin birbirlerine paralel kalmaktan kurtulmaları, tekerleklerin kurbalarda rayları büyük açılarla kesmelerini engeller ve ray tepkisinin 2 dingil üzerine dağılmasını sağlar. Yeni bojiler yatay deplasman yapabilen ve yer değiştirdiklerinde bojiyi araba eksenine getirebilen bir düzene sahiptirler.



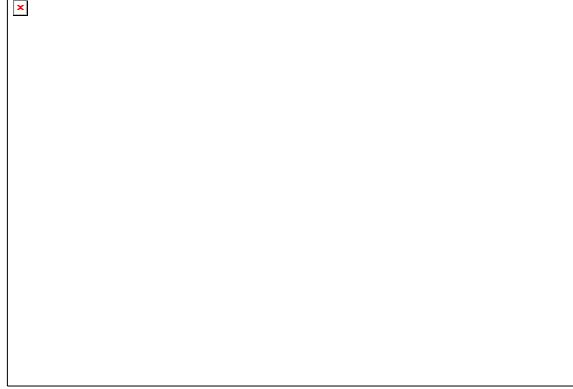
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 16



## Demiryolu Taşıtlarının Özellikleri: Dingil Takımı Özellikleri

- Dingil Takımı Özellikleri
  1. 'λ' ve 'e' açıklıkları
  2. koniklik
  3. paralel dingiller
  4. rijit dingil uzaklığı



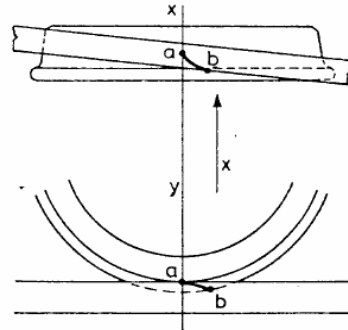
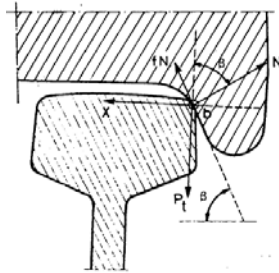
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 17

## Dingillerin Hat Üzerindeki Davranışları

Bir demiryolu arabası yoldan çıkmaksızın (deraymana uğramaksızın) dayanabileceği yatay kuvvetlerin teorik hesabı 19. yy'dan beri pek çok kuramsal ve deneysel çalışma ile incelenmiştir. Henüz tam bir statik ya da dinamik kuram geliştirilememesine rağmen, sistematik deneysel sonuçlara iyi bir yaklaşımla bulunan matematik çözümlere ulaşılmıştır.

- Rayı belirli bir açıyla kesen ve radyal yönde 'X' itkisinin etkisi altında bulunan bir tekerleğin, bu itki etkisiyle raydan çıkıp çıkmayacağını incelenir:

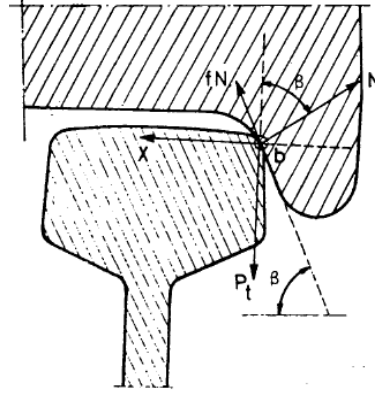


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 18

## Dingillerin Hat Üzerindeki Davranışları

- 'b' noktası, budenin 'β' eğimindeki konik kesiminde bulunsun.
- Tekerlek 'P<sub>t</sub>' yükünü ve 'X' itkisini raya iletir.
- Tekerleğe normal doğrultuda bir 'N' tepki kuvveti etkir.
- Eğer kayma söz konusu ise, 'N' kuvvetine bir 'f·N' sürtünmesi karşı gelir.
- 'b' noktasına uygulanan kuvvetlerin denge koşulu yazıldığında kritik 'X<sub>k</sub>' itki değeri elde edilir.
- Ancak bu değerden büyük bir kuvvet etkidiği zaman tekerlek raydan çıkabilir.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 19

## Dingillerin Hat Üzerindeki Davranışları: Nadal Kuramı

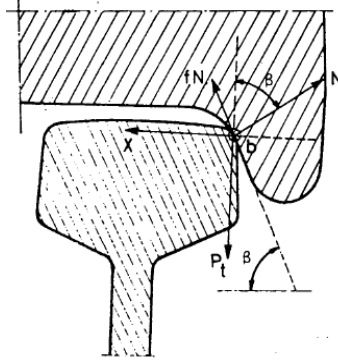
- **Nadal Kuramı**
  - β: buden açısı
  - P<sub>t</sub>: tekerlek yükü
  - X: radyal kuvvet
  - N: normal tepki kuvveti
  - f: sürtünme katsayısı

$$\sum X = 0 \Rightarrow N \cdot \sin\beta - f \cdot N \cdot \cos\beta - X = 0 \Rightarrow X = N \cdot (\sin\beta - f \cdot \cos\beta)$$

$$\sum Y = 0 \Rightarrow f \cdot N \cdot \sin\beta + N \cdot \cos\beta - P_t = 0 \Rightarrow N = \frac{P_t}{\cos\beta + f \cdot \sin\beta}$$

$$\Rightarrow X = \frac{P_t}{\cos\beta + f \cdot \sin\beta} \cdot (\sin\beta - f \cdot \cos\beta)$$

$$\rightarrow X = P_t \cdot \frac{\text{tg}\beta - f}{1 + f \cdot \text{tg}\beta}$$



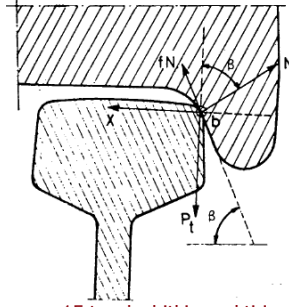
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 20

## Nadal Kuramı

$\beta=70^\circ$  ( $\text{tg}(\beta)=2.75$ ) ve;  
 $f=0.25$  (kuru ray)  
 $f=0.12$  (ıslak ray)  
için:

$$X = P_t \cdot \frac{\text{tg}\beta - f}{1 + f \cdot \text{tg}\beta} \left. \begin{array}{l} \sim X_k = 1.5 \cdot P_t \\ \sim X_k = 2.0 \cdot P_t \end{array} \right\}$$



- 10 t tekerlek yükü ile raydan çıkma tehlikesi, ray kuruysa > 15 t radyal itki gerektirir
- 15 t'dan daha küçük yanıl kuvvetler için yol şekil değiştirir
- Dolayısıyla, raydan çıkma için kaygılanmaya gerek yoktur
- Bařka deyişle, **yanıl kuvvetler bakımından önde gelen tehlike tekerleğin raydan çıkması değil, yolun şekil değiştirmesidir.**
- Yolun deformasyon tehlikesi önlendiğinde, tekerleğin raydan çıkması söz konusu olmayacaktır.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

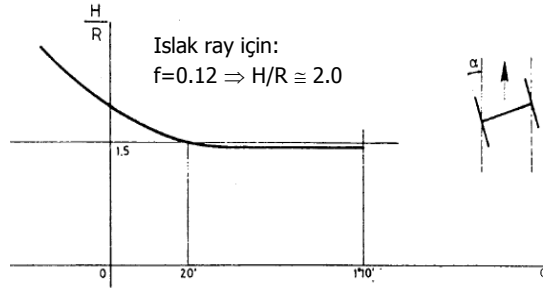
Slide 21

## Dingillerin Hat Üzerindeki Davranışları: Tekerlek Deneyleri

- Sistematik derayman deneyleri; uç dingilleri normal, orta dingilleri serbest deney vagonuyla gerçeleřtirilmiř. Serbest orta dingil, yola yanıl kuvvet uygular.
- Deneylerde, 'P' yükünü taşıyan serbest dingilin tekerleklerinden biri ile belirli bir 'H' yanıl kuvveti uygulandığı zaman, rayda oluşan dūřey 'R' tepki kuvvetleri ölçülmüş. Yolun dingili kesme açasının bir fonksiyonu olarak 'H/R' oranının değişimi gösterilmiş:

### Tekerlek Deneyleri

- P: dingil yükü
- H: raya uygulanan yanıl kuvvet
- R: raydaki dūřey tepki kuvveti



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

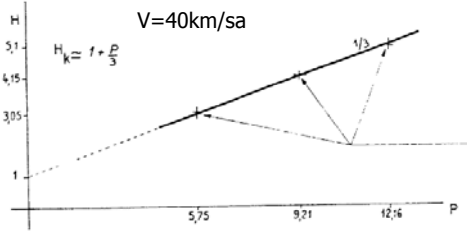
Slide 22

## Dingillerin Hat Üzerindeki Davranışları

- Kuru ray üzerinde 10 t tekerlek yükü için 15 t üzerindeki yanal kuvvet ile raydan çıkma tehlikesi olduğuna göre
- Bu değeri, yolun kaymaksızın (bozulmaksızın) dayanabileceği yanal kuvvetle karşılaştırılarak  $H/R - \alpha$  sonucu doğrulanabilir.
- Derayman deneyleri, özellikle kuvvetlendirilmiş bir yol üzerinde gerçekleştirilmiştir.
- 'P' dingil yükünün fonksiyonu olarak yolun bozulmasına neden olan enküçük yanal kuvvet değerlerinin 'H' değişimi:

$$H_k = 1 + \frac{P}{3}$$

Bağıntıya göre, 20 t dingil yükü için ~7.7 t yanal kuvvetle yol kaymaya (bozulmaya) başlar. Dolayısıyla, dingile uygulanan yanal bir kuvvetin etkisi altında 10 t'luk bir tekerleğin raydan çıkması olası değildir



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 23

## Dingillerin Hat Üzerindeki Davranışları

Parazit hareketler nedeniyle yük azalması durumunda denge??

Bir tekerlekteki yük azalması, aynı dingilin diğer tekerleğindeki yük artışına eşittir.

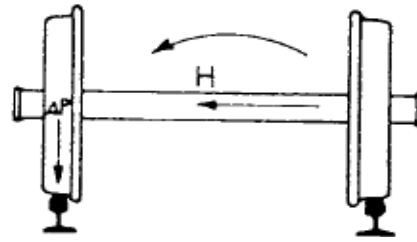
'P' dingil yükü sabit ve tekerlekteki yük azalması ' $\Delta P$ ' ile gösterilirse, yükü azalan tekerleğin yükü ' $(P/2) - \Delta P$ ' olacaktır

$$X_k = 1.5 \left( \frac{P}{2} - \Delta P \right)$$

$$H_k = 1 + \frac{P}{3}$$

$$H_k \leq X_k \Rightarrow 1 + \frac{P}{3} = 1.5 \left( \frac{P}{2} - \Delta P \right)$$

Özet olarak bir **dingilin raydan çıkması, ancak yolun direncini aşan bir kuvvetin etkisi altında olasıdır!!**



$P=20t$ ,  $\Delta P < 5 t$  oldukça, raydan çıkma olayından önce, yolun bozulması tehlikesi ile karşılaşılacaktır.

Bu da yine, yolun bozulması tehlikesi önlenirken, tekerleklerin yoldan çıkması tehlikesinin kendiliğinden önleneceğini göstermektedir.



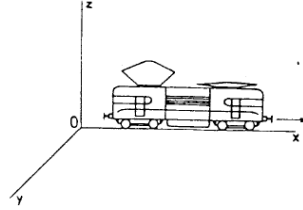
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 24

## Lokomotif Dinamiği: Zararlı Hareketler

- Lokomotifin davranışının çözümlenmesi olayı karmaşıktır.
- Lokomotifin yol üzerinde hareketi sırasında çeşitli zararlı (bozucu) hareketler vardır.
- Bu bozucu hareketler olabildiğince yok edilmelidir, çünkü yol üzerinde zararlı hareketlerden doğan kuvvetler:
  - **raydan çıkmaya** neden olabilir,
  - **enerji israfına** neden olacaktır,
  - **lokomotif sürücüsünü olumsuz etkileyecektir.**
- Çeşitli zararlı hareketleri tanımlamak için  $O_x$ ,  $O_y$ ,  $O_z$  eksenleriyle, ' $O_x$ ' yönünde seyreden bir lokomotif ele alınsın:

- ' $O_x$ ' ekseninde dönme hareketi: ruli
- ' $O_y$ ' ekseninde dönme hareketi: galop
- ' $O_z$ ' ekseninde dönme hareketi: lase
- ' $O_x$ ' eksenine göre öteleme hareketi: rokül
- ' $O_z$ ' eksenine göre öteleme hareketi: trepidation

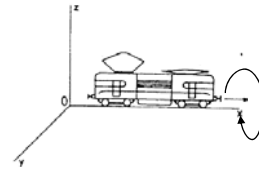


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 25

## Lokomotif Dinamiği: Zararlı Hareketler

- ' $O_y$ ' eksenine göre öteleme hareketi önemli değildir, yalnız eğilebilir kasalı lokomotifler için geçerlidir.
- 'Trepidation' hareketinin oluşum nedenleri ve bu hareketin etkileri, 'galop' hareketininkine benzemektedir.
- 'Ruli' ve 'galop' hareketi asılı kütlelerle, 'lase' ve 'rokül' hareketleri de lokomotifin tümüyle ilgilidir.
- **Ruli hareketi** oluşumunun temel nedenleri; yoldaki nivelman bozuklukları ve yanal şoklardır.
- Bu hareket genellikle kurb girişinde merkezkaç kuvvetinin aniden etkimesiyle başlar.
- Nivelman bozuklukları ve yanal şoklar, lokomotifin yayları üzerindeki enine titreşimle rezonans haline girerse, başlayan hareket büyüyebilir. Burada salınımı düzenleme görevi süspansiyonundur.
- Ruli hareketinin periyodu, ağırlık merkezinin yüksekliğinin artmasıyla değişir. Ağırlık merkezi yüksekliği artıp (buharlı lokomotiflerde kazan çapının artmasına bağlı yükseklik artışı), daha uzun hale gelen salınım periyodu, lokomotif davranışı açısından iyidir. Bu bakımdan yere yakın elektrikli lokomotifler, buharlılara göre daha elverişlidir.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu  
September 29, 2015

Slide 26

## Lokomotif Dinamiği: Zararlı Hareketler

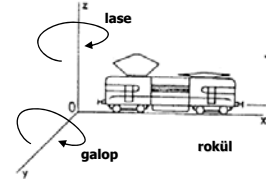
- **Galop hareketinin** nedeni; lokomotifin, rayların bağlantı yeri olan conta üzerinden geçiştir.
- Geçişle birlikte, bu noktadaki nivelman bozuklukları nedeniyle verilen itmeye salınım hareketleri oluşur.
- Bu salınım, yay salınım periyoduna eşit zaman aralıklarıyla devam ederse, rezonans tehlikesi belirir. Salınım sönümlendirmede süspansiyonlar önemlidir.

•**Lase hareketi**, bir lokomotif için en tehlikeli harekettir, yol bozukularının ve raydan çıkmaların nedeni olabilir.

•Bu hareketin iki temel nedeni; bandaj konikliği ve yolun yatay geometrisinin düzensizliğidir.

•**Rokül hareketi**: Çekim kuvveti değişimi (buharlı lokomotifler için söz konusu değil) ve bir tekerlek devri sırasında alternatif hareket olarak kütlelerin atalet kuvvetleri doğar.

•Lokomotifte oldukça etkin olan bu hareket, trenin diğer arabalarına geçişte koşum takımı yaylarıyla sönümlendirilir.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015  
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu

September 29, 2015

Slide 27