

BLACKEBERGS GYMNASIUM

24 oktober 2023

# Urspårninghastigheter av modelltåg i kurvor

Johannes Bonerfält, Viktor Borg och Marcell Ziegler

under handledning av Thomas Petterson

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Projektplan</b>	<b>3</b>
1.1	Teoretisk bakgrund . . . . .	3
1.1.1	Kurvdosering och rälsförhöjning . . . . .	3
1.2	Syfte . . . . .	4
1.3	Frågeställning . . . . .	5
1.4	Empirisk metod . . . . .	5
1.5	Tidsplan . . . . .	5

## Sammanfattning

# 1 Projektplan

## 1.1 Teoretisk bakgrund

Under ideell kurvtagning verkar två krafter på ett järnvägsfordon: centrifugalkraften  $F_c$  och tyngdkraften  $F_g$  (Casanueva 2017). I en icke-doserad kurva ser krafterna ut som i fig. 1. Detta innebär även att

$$F_c = \frac{v^2}{r} \quad (1)$$

$$F_g = mg \quad (2)$$

där  $v$  är tågets hastighet tangent med kurvan,  $r$  är kurvans radie,  $m$  är tågets massa och tyngdaccelerationen  $g \approx 9,82 \text{ m/s}^2$ .

# PLACEHOLDER

Figur 1: PLACEHOLDER. Tagen från Casanueva (2017).

### 1.1.1 Kurvdosering och rälsförhöjning

När en kurva doseras förändras kraftsituationen, som visat i fig. 2. Doseringen kvantifieras som rälsförhöjning vilket uttrycker differensen i höjd mellan yttre räl och inre räl. Anordnad rälsförhöjning  $h_a$  ges som

$$h_a = h_{\text{yttre}} - h_{\text{inre}}. \quad (3)$$

Med hjälp av detta kan lateralacceleration parallellt spårplanet beräknas enligt (Casanueva 2017)

$$a_y = \frac{v^2}{r} - g \cdot \sin \varphi = \frac{v^2}{r} - g \cdot \frac{h_a}{b} \quad (4)$$

där  $b$  är spårvidden och  $\varphi$  är vinkeln av spårplanet mot markplanet.

När kurvor konstrueras eftersträvar man lateral jämvikt. Om kraftresultanten  $\vec{F}_{\text{res}} = \vec{F}_c + \vec{F}_g$  är vinkelrät med spårplanet medför detta att den laterala acceleration  $a_y = 0$  vilket i sin tur medför lateral jämvikt (Casanueva 2017). När  $a_y \neq 0$  finns det risk för urspårning eftersom krafterna vid hjulet inte nödvändigtvis kan motstå den mot spårplanet horisontella komponenten av  $\vec{F}_{\text{res}}$ .

När  $a_y \neq 0$  råder det antingen rälsförhöjningsbrist eller rälsförhöjningsöverskott. Rälsförhöjningsbrist innebär den höjden som måste adderas till rälsförhöjningen för att uppnå jämvikt om fordonet har en acceleration utåt svängen. Rälsförhöjningsöverskott uppstår när fordonet upplever en acceleration inåt svängen eftersom  $F_c$  är för liten. Rälsförhöjningsöverskottet är irrelevant för denna undersökning eftersom den undersöker höghastighetsurspårning där rälsförhöjningsbrist alltid uppstår.

För att beräkna rälsförhöjningsbrist krävs den anordnade rälsförhöjningen  $h_a$  och den teoretiska rälsförhöjningen

## PLACEHOLDER

Figur 2: PLACEHOLDER. Tagen från Casanueva (2017).

### 1.2 Syfte

Beskriv här syftet, alltså varför ni vill göra just i den här undersökningen, vad ni vill uppnå med resultaten eller hur resultaten kan bidra till förståelsen av det generella problem ni skrivit om i den teoretiska bakgrunden. Här skriver ni vad ni vill uppnå med ert gymnasiearbete. Ni kan till exempel börja med: Syftet med vårt gymnasiearbete är att beskriva/förklara/utvärdera/förstå ... Beskriv också här kort hur ni planerar att uppnå syftet med arbetet. Ni kan till exempel skriva: I det här arbetet kommer vi att undersöka ... Längd: Ett par meningar

### 1.3 Frågeställning

”Vad är den maximala hastigheten ett modelltåg i skala 1:40 kan uppnå vid en given kurvradie utan att spåra ur?”

### 1.4 Empirisk metod

Materialen som kommer användas under undersökningen kommer vara: ett 3D printad tåg som väger ca 1,4 kg, en kamera som filmar i minst 240 FPS, ett stativ för att hålla kameran, rutat papper (med sidlängd 1 cm), 3D printade rälssegment.

Undersökningen kommer ske genom att det först väljs en viss radie. Därefter kommer tåget placeras på toppen av en backe med bestämd höjd. Målet med detta är att ge tåget en bestämd hastighet baserad på potentiell energi överförd till kinetisk energi. Sedan släpps tåget och resultaten från kameran och om den spårade ur eller ej skrivs ned. Om tåget inte har spårat ur kommer tåget placeras på en högre höjd och denna process repeteras tills tåget spårar ur. När tåget spårat ur välj en ny radie på kurvan och hela processen börjar om från början. När alla radier har testats kommer data skrivas in i en graf där hastigheten och radien är grafens axlar.

### 1.5 Tidsplan

vecka 40: göra klart Projektplans utkastet och beställa kullager samt axlar till tågmodellen

Vecka 41: senaste dagen att lämna in projektplanen (måndag kl 1200) samt renskrivning av projektplan och mer inläsning av fysikaliska och matematiska modeller. utöver detta kada klart tågmodellen

vecka 42: samma som tidigare

vecka 43: inlämning av slutlig Projektplan

Vecka 44: höstlov

vecka 45: slutliga förberedelser för labben och ihopsättning/ kontrollering av modellens kvalite

vecka 46: om modellen visar sig vara av sämre kvalite; bygg om modellen, annars påbörja labben

vecka 47: avslutning/replikat av labben och eller formatering av data.

vecka 48: analys av data

vecka 49: formulera resultat

vecka 50: workshop statistik med excel

vecka 51-1: lov

vecka 2: genomgång felanalys

vecka 3: fortsatt bearbeta resultat och börja med att skriva ned dem

vecka 4: skriva resultat och diskussion

vecka 5: genomgång av naturvetenskaplig rapport och börja skriva resultat och diskussion

vecka 6: fortsatt skriva och börja med abstrakt när vi blir klara med tidigare delar

vecka 7: fortsatt skriva

vecka 8: fortsatt skriva

vecka 9: lov/kris skrivning

vecka 10: genomgång av hur oppositionen går till samt skrivning

vecka 11: inlämning av rapport inför oppositionen

vecka 12: förberedelse av oppositionen

vecka 13: oppositioner

vecka 14: oppositioner

vecka 15: lov

vecka 16: revidering av rapport

vecka 17: gymnasiearbets dag med åk 2

vecka 18: slutinlämning av rapport och allt annat (slut)



## Referenser

Casanueva, Carlos (2017). *Wheel profiles for freight wagons in Sweden*. Tekn. rapport. Trafikverket och KTH.

Marquis, Brian (Datum okänt). *Cant Deficiency, Curving speeds and Tilt*. (Hämtad 2023-10-23).

Trafikverket (2020). *TRVINFRA-00003: Spårgeometri*.