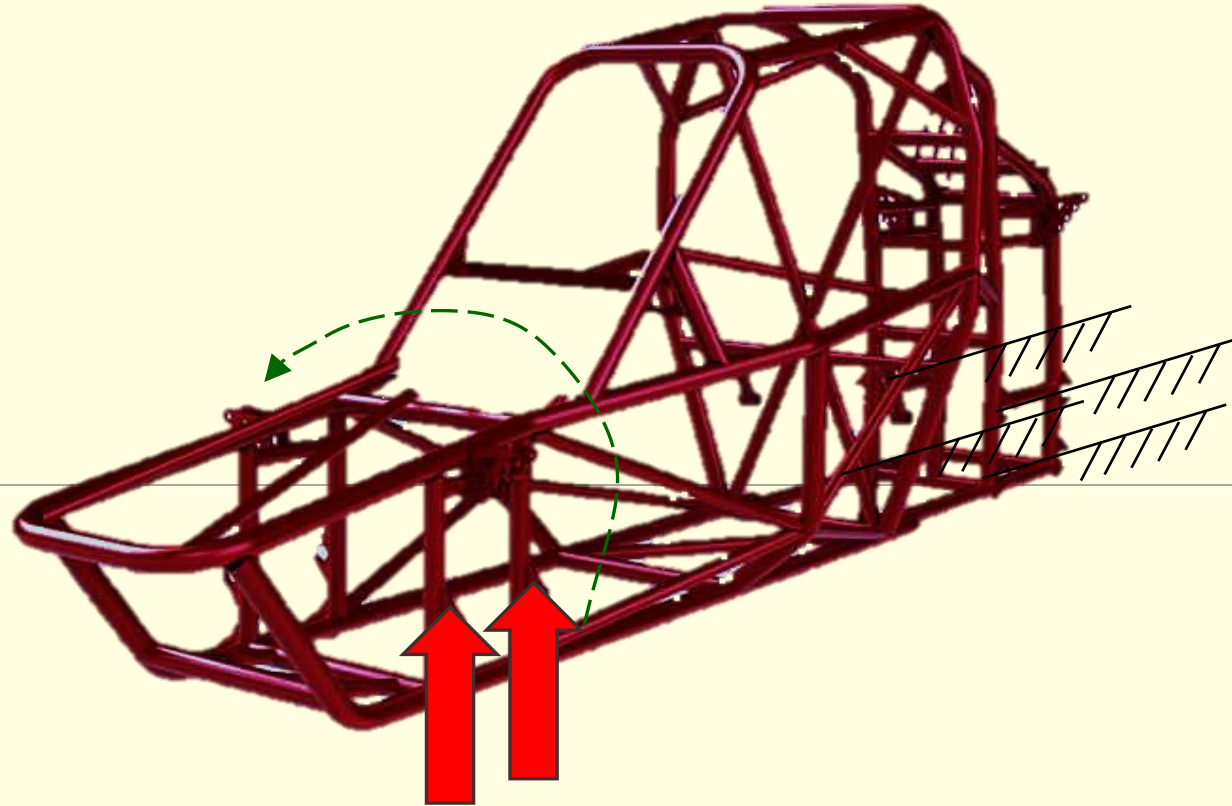


SÕIDUKI RAAMILE MÕJUVAD JÕUD



Sisu:

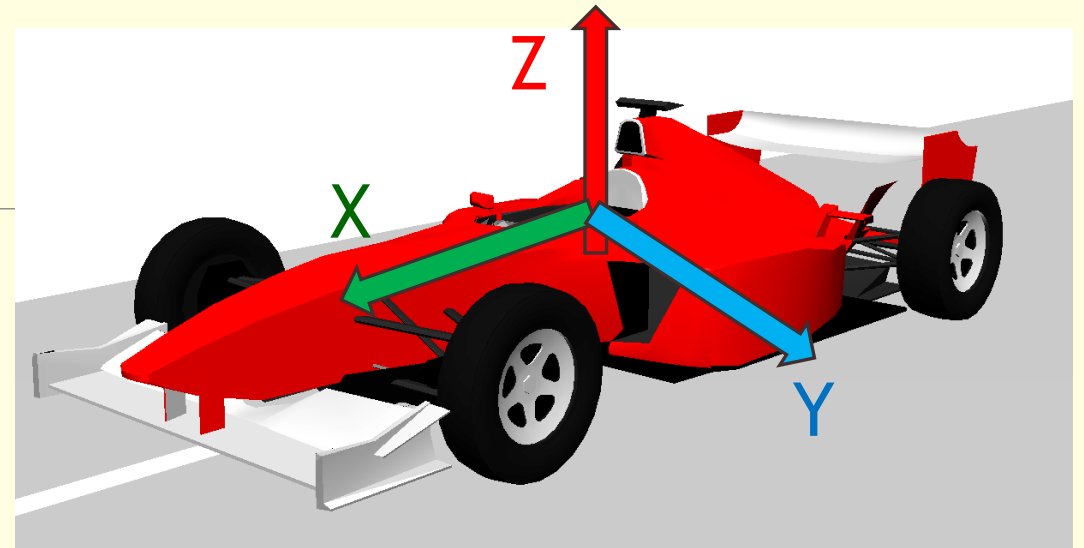
- Sõiduki raami (kandekere) koormusolukorrad
- Koormusanalüüsid ja sobiva varuteguri tagamine



Koormusolukorrad

5 põhilist koormusolukorda:

1. Paindekoormus ümber y-telje
2. Väändekoormus ümber x-telje
3. Painde- ja väändekoormuse koosmõju
4. Y-telje sihilise põikjõu mõjul tekkiv koormus
5. X-telje sihilise pikijõu mõjul tekkiv koormus



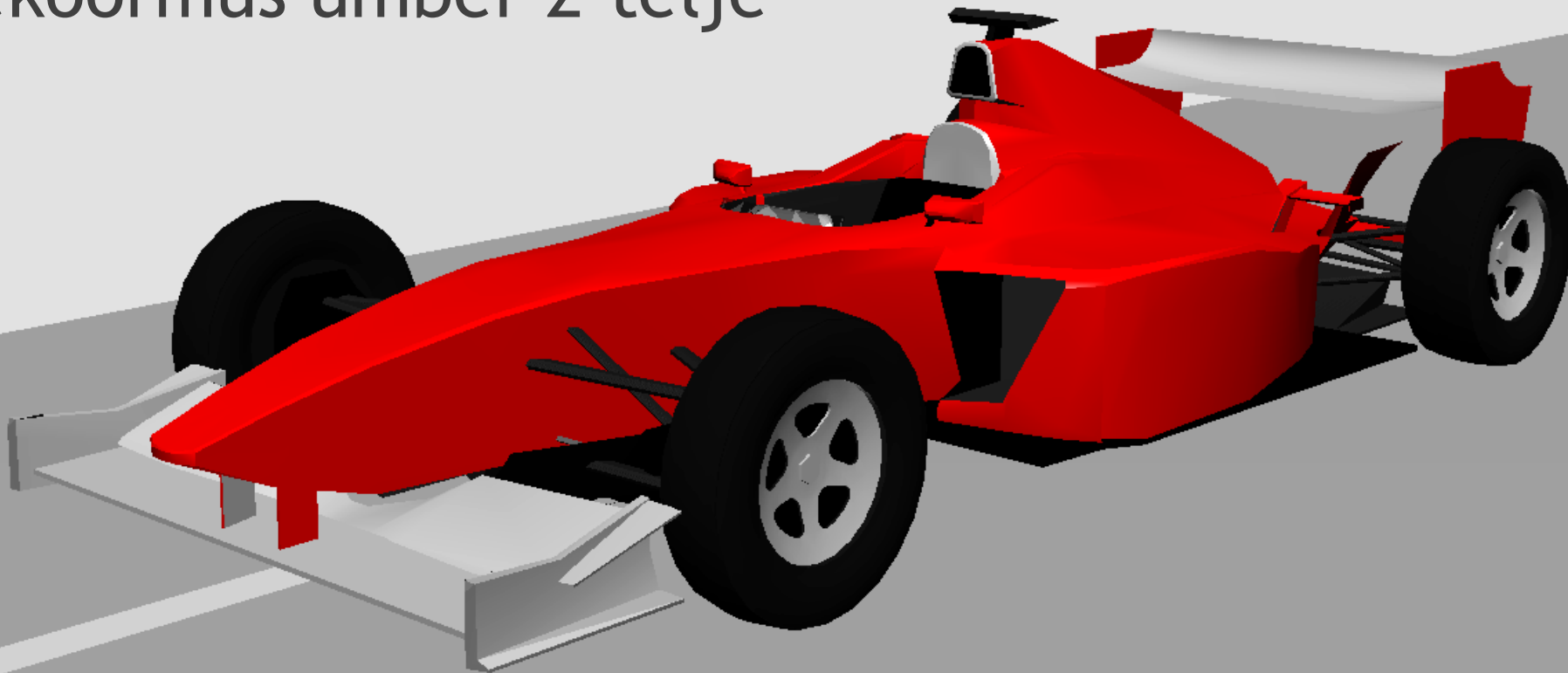
Koormused 1-3 on esmatähtsad raami (kandekere) terviklahenduse loomisel.

Koormused 4-5 on tähtsad vedrustuse kinnituspunktide lahenduse loomisel.



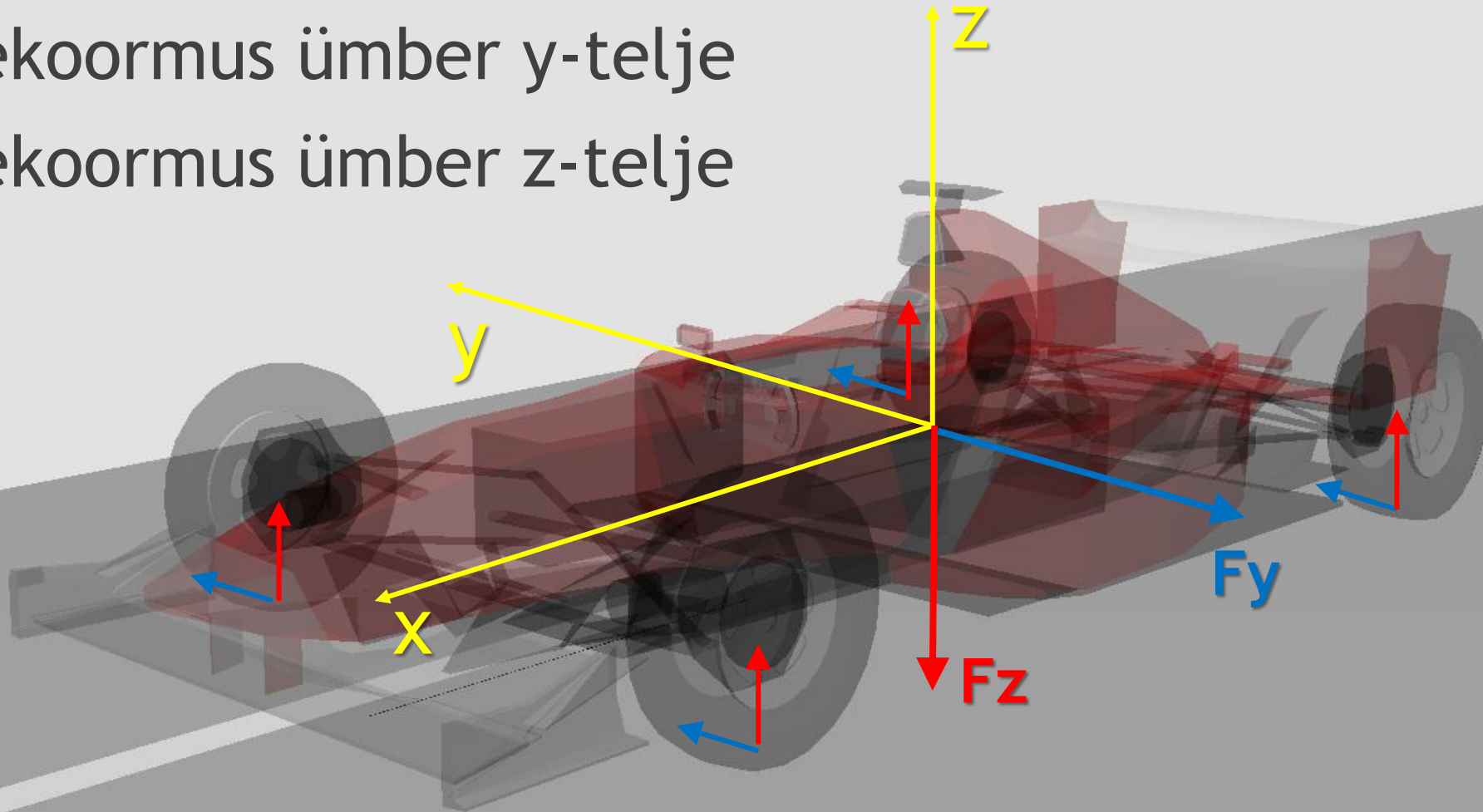
Paindekoormus

1. Paindekoormus ümber y-telje (kõige olulisem)
2. Paindekoormus ümber z-telje



Paindekoormus

1. Paindekoormus ümber y -telje
2. Paindekoormus ümber z -telje

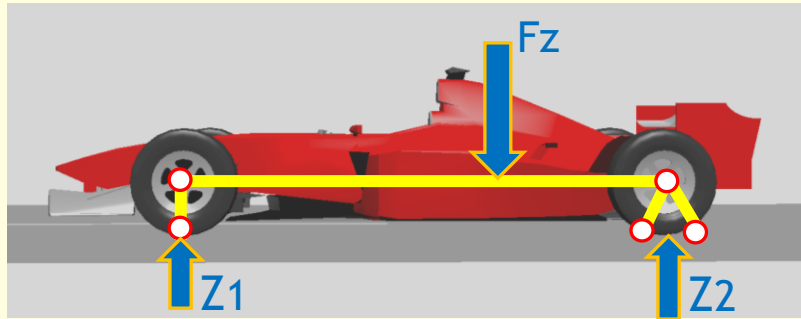


Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Paindekoormus

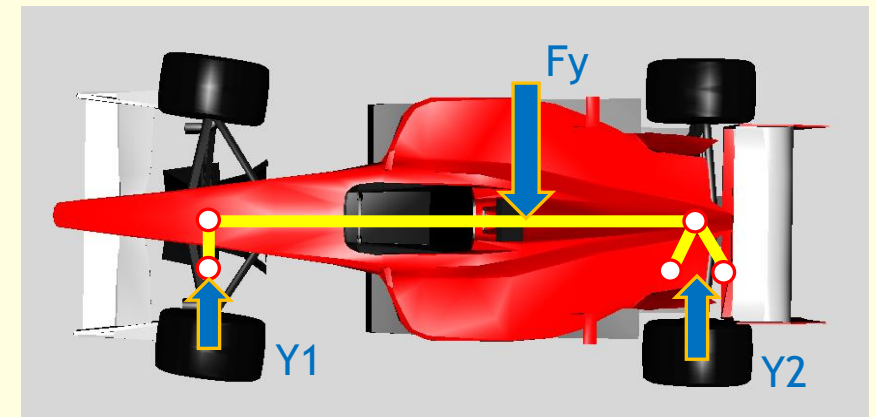
1. Paindekoormuse ümber y -telje tekitavad sõiduki komponentide raskusjõud, mis jaotuvad sõiduki raami (kandekere) osas ebäühtlaselt.



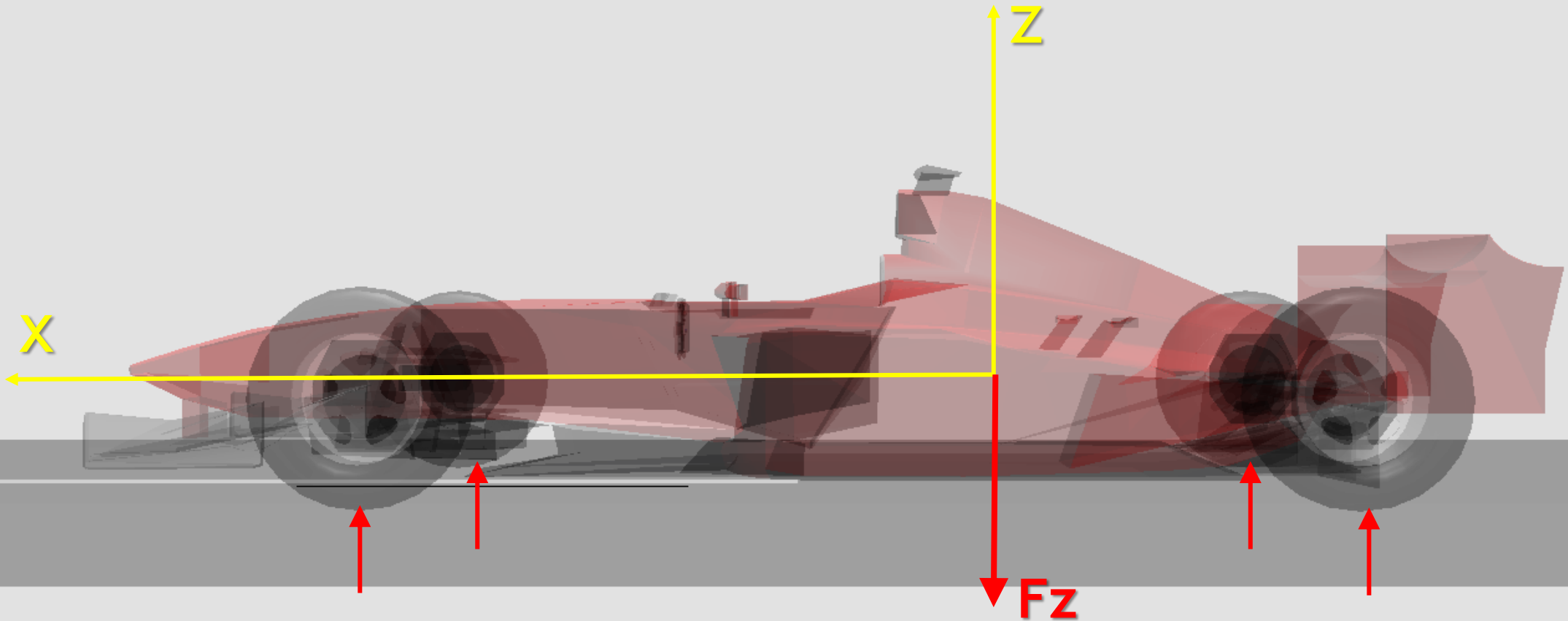
x - z tasandis paikneva tala tasakaaluülesanne

2. Paindekoormuse ümber z -telje tekitavad sõiduki komponentide külgsuunalised inertsjõud, mis jaotuvad sõiduki raami (kandekere) osas ebäühtlaselt.

x - y tasandis paikneva tala tasakaaluülesanne



Paindekoormus



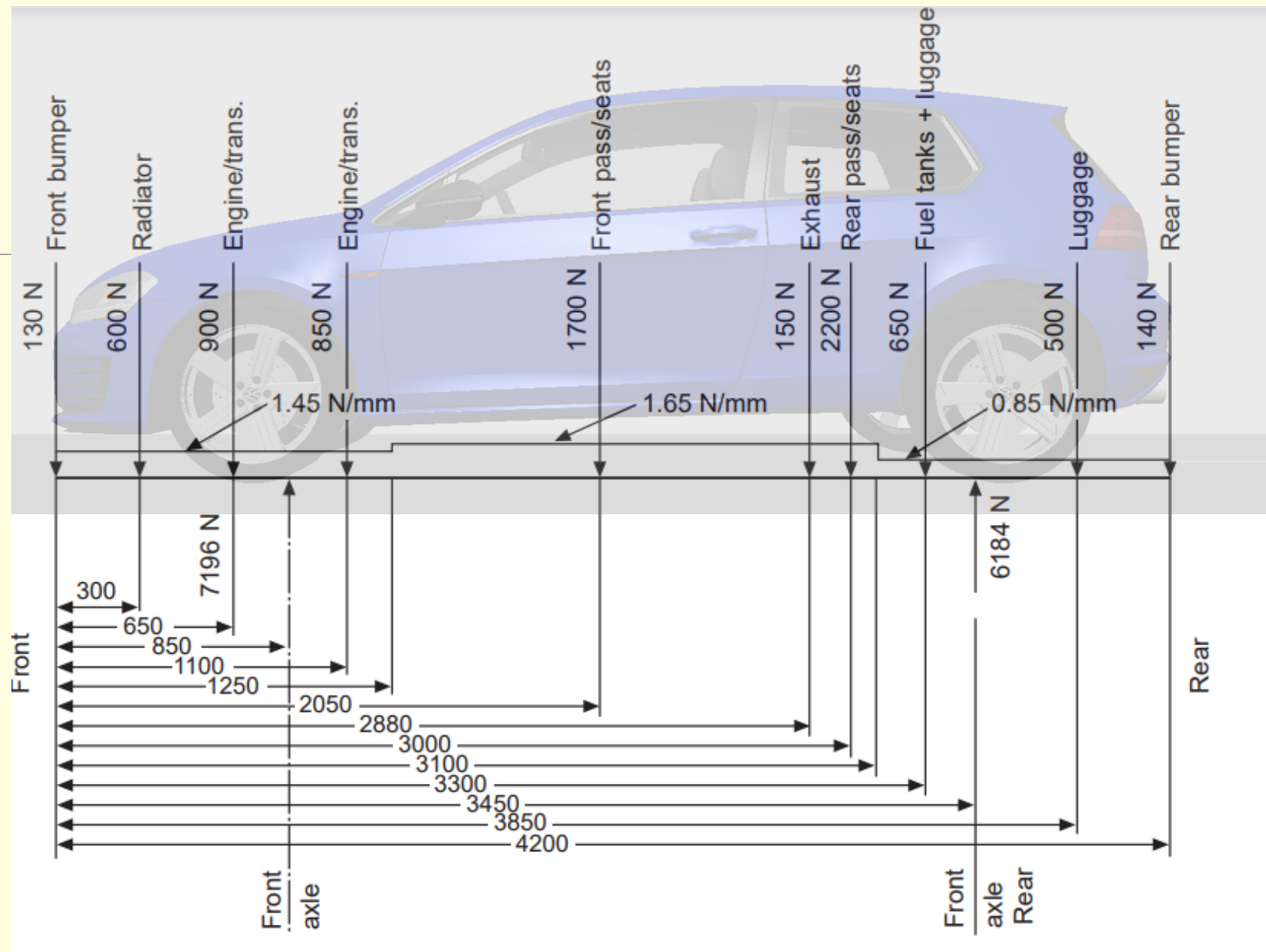
Koormust põhjustab komponentide raskusjõud ja aerosurve

Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Paindekoormus

Sõiduki komponentide paiknemine näitab raskusjõu tegelikku jaotust

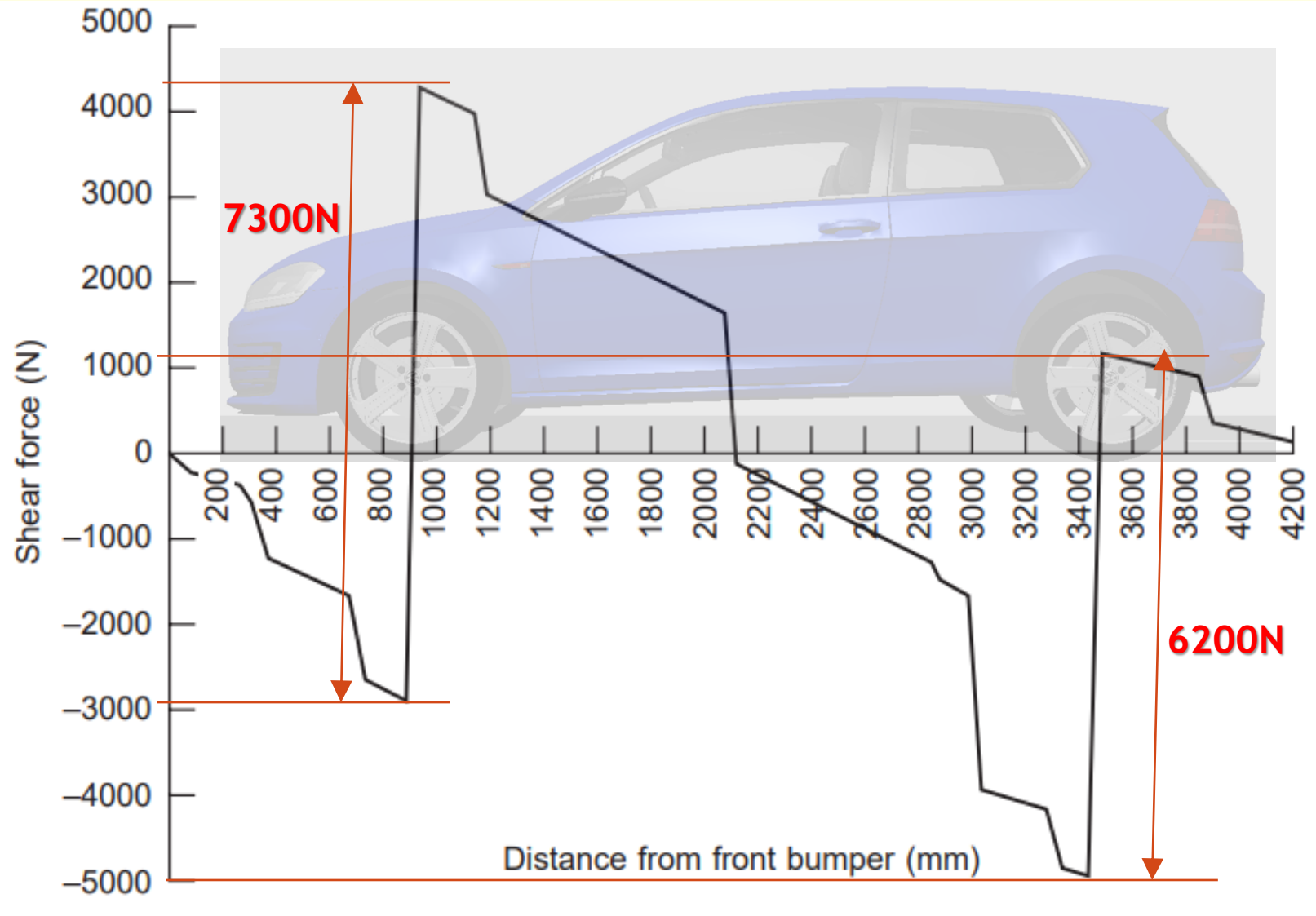


Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Paindekoormus

PÕIKJÕU JAOTUST KUJUTAV EPÜÜR

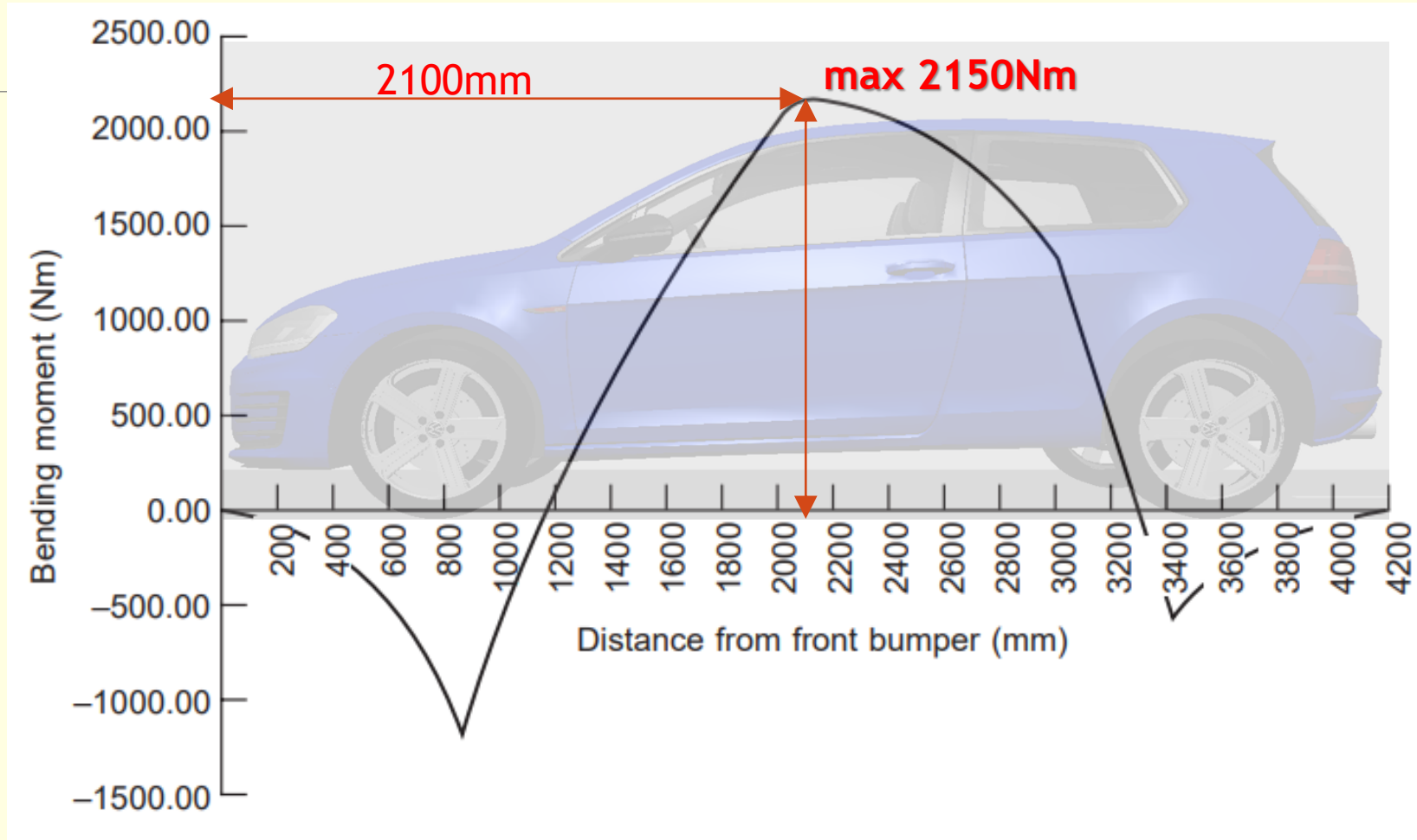


RASKUSJÕUD F_z ON TALA
PUHUL VAADELDAV PAINET
TEKITAVA PÕIKJÕUNA

Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002

Paindekoormus

PAINDEMOMENDI JAOTUST KUJUTAV EPÜÜR



PAINDEMOMENDI JAOTUS
NÄITAB ENIM KOORMATUD
RISTLÕIKE PAIKNEMIST

Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002

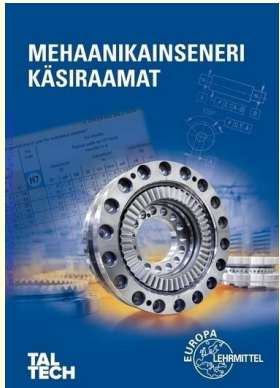


Paindekoormus

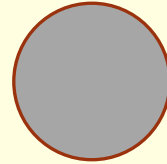
TUGEVUSTINGIMUS PAINDEL:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma]$$

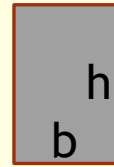
PAINDEMOMENDI JA TUGEVUSMOMENDI SUHE



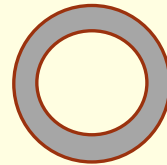
Mehaanikainseneri käsiraamat kirjeldab ka materjalide omadusi



$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$



$$W_x = \frac{bh^2}{6}$$



$$W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32} (1 - c^4)$$

$$c = \frac{d}{D}$$

Allikas: I. Pnkov MHE0061 Masinatehnika loengumaterjal, TTÜ 2007



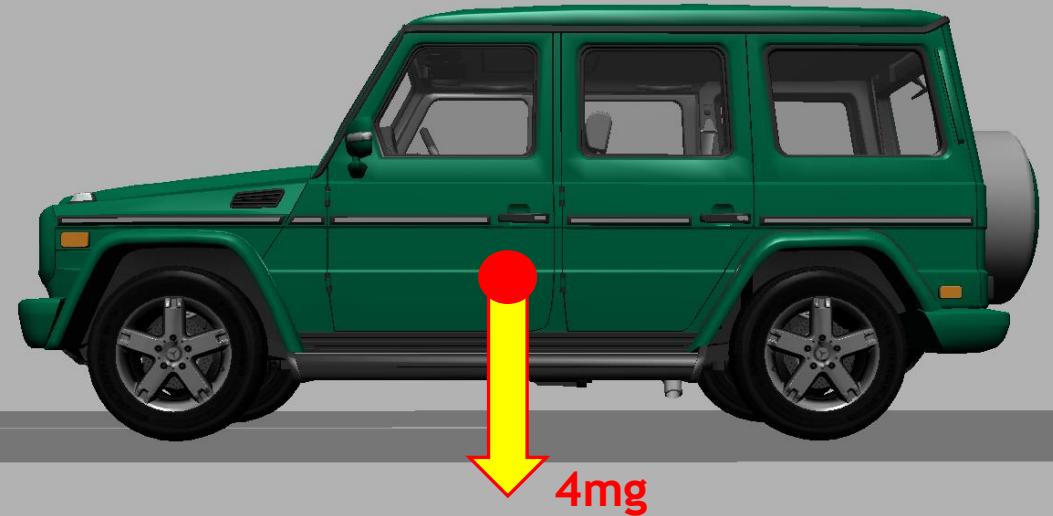
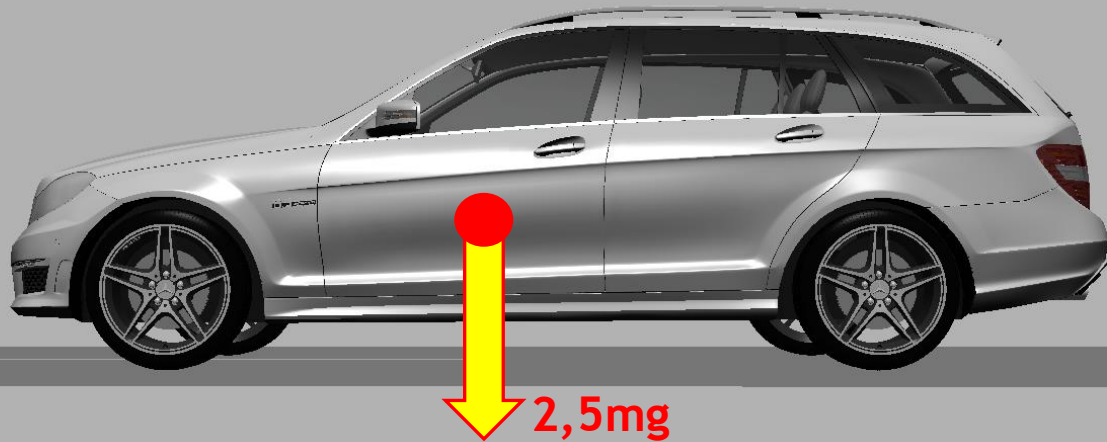
Paindekoormus

DÜNAAMILISE PAINDEKOORMUSE HINDAMISEL KASUTATAKSE DÜNAAMIKATEGURIKS:

TAVASÕIDUKITEL: 2,5...3,0

MAASTIKUSÕIDUKITEL: 4,0

Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Väändekoormus

Väändekoormuse hindamisel rakendatakse koormus ühe telje väändel teise telje suhtes.

Suurma väändemomendi väärtuse aluseks on väiksema teljekoormusega telje (R_f või R_r) rattale langev koormus, mille jõuõlks võetakse vastava telje rööpme suurus (t_f või t_r)

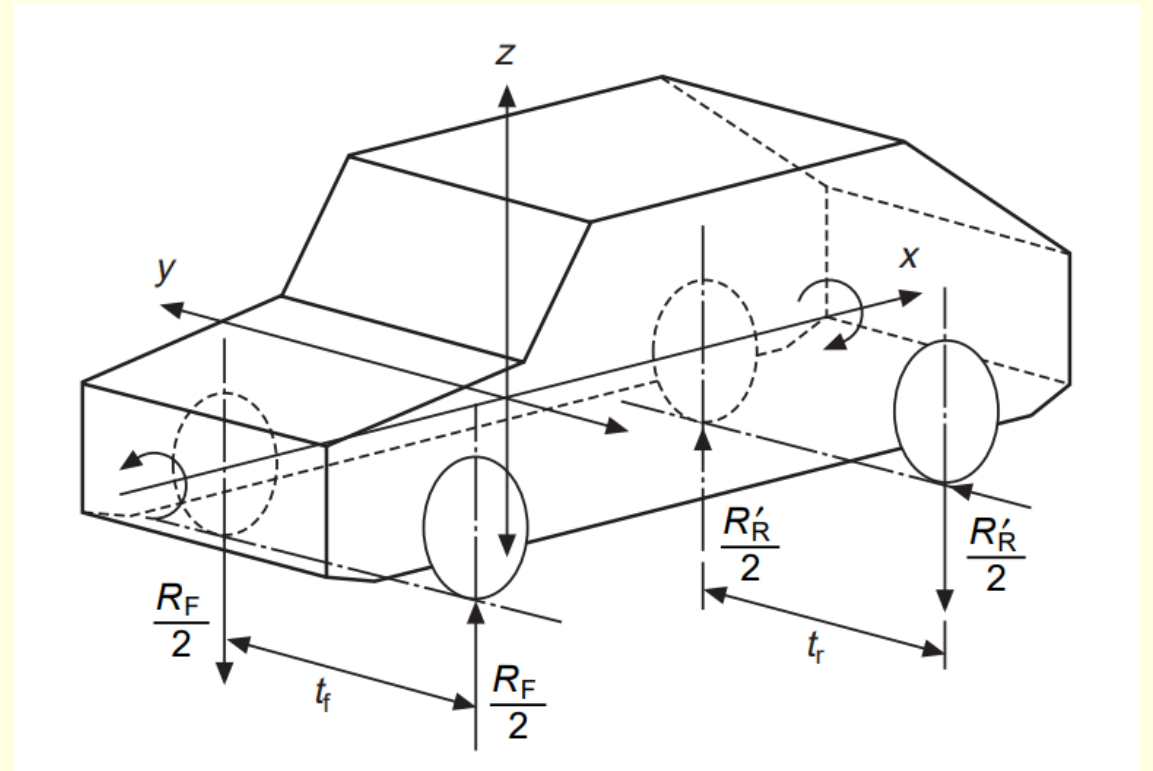
$$M_x = \frac{R_F}{2} t_f = \frac{R_R}{2} t_r$$

DÜNAAMIKATEGURITENA ARVESTATAKSE VÄÄNDEKOORMUSEL:

TAVASÕIDUKITEL 1,3

VEOAUTODEL 1,5

MAASTIKUSÕIDUKITEL 1,8



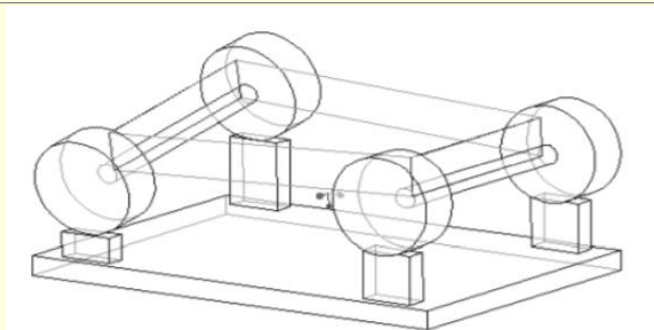
Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Raami väändejäikus

Näitab mitu kraadi raam deformeerub rataste ebaühtlasest koormusest tekkival väändel

$$\frac{Nm}{kraadi}$$

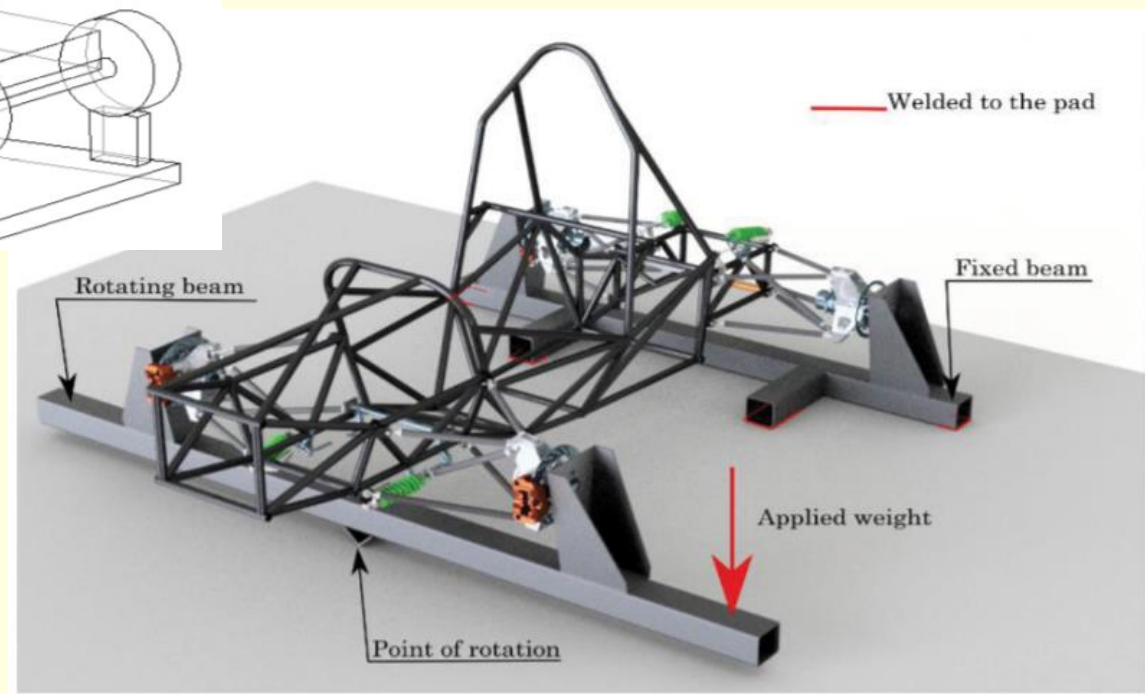


Soovitavad väändejäikusused:

Formula Student: >1200Nm/kraadi

Sõiduauto: >8000Nm/kraadi

Sportauto: >12000Nm/kraadi



Formula Student raami väändejäikuse mõõtmine

https://www.youtube.com/watch?v=Augw_80ScsY



Painde- ja väändekoormuse koosmõju

Iseloomustab olukorda, kus kergema telje ühe ratta kerkimisel veeremisel üle kõrge takistuse (nt üle 200mm) kerkib sama telje teine ratas teepinnast lahti.

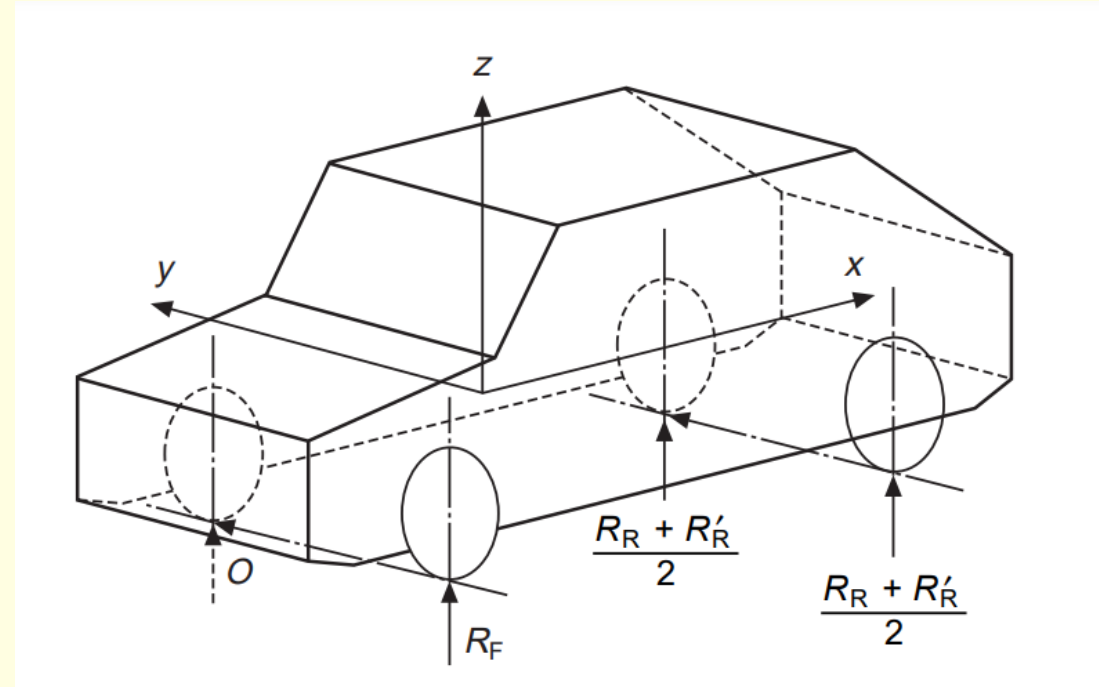
NT KUI ESIVEOLISE AUTO ESITELJE RÖÖBE $T_F=1450\text{mm}$ JA TAGATELJE RÖÖBE $T_R=1400\text{mm}$. TÄISKOORMUSE KORRAL ON KERGEMAKS TELJEKS TAGATELG.

TAGATELJE PAREMPOOLSELE RATTALE LANGEB KOGU TAGATELJE VERTIKAALKOORMUS NT 6184N , MÕJUB VÄÄNDEMOMENT 4328Nm JA OSA ESITELJE KOORMUSEST 5971N .

$$R_{FTR} = \frac{R_F}{2} - \frac{R'_F}{2} = \frac{7196}{2} - \frac{5971}{2} = 613 \text{ N}$$

ESITELG:

$$R_{FTL} = \frac{R_F}{2} + \frac{R'_F}{2} = \frac{7196}{2} + \frac{5971}{2} = 6583 \text{ N}$$

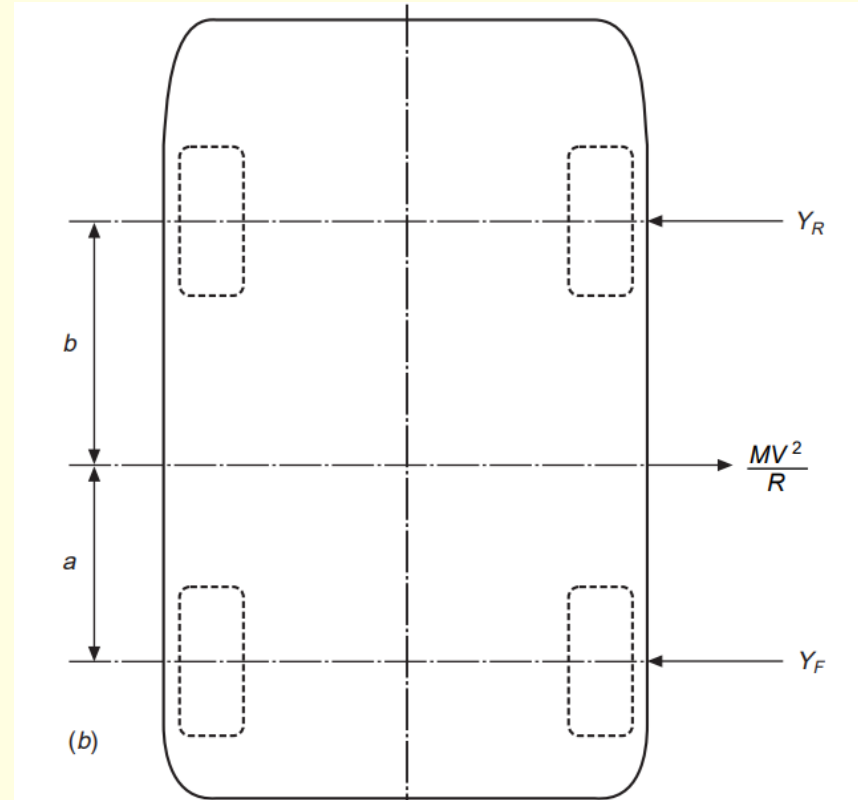
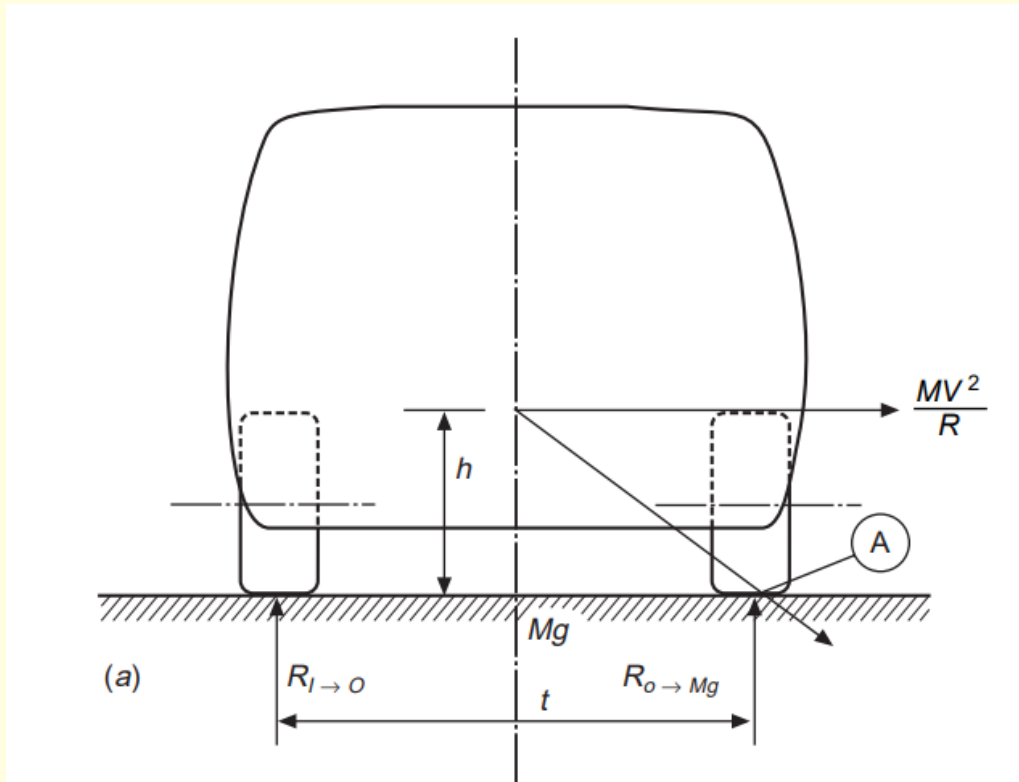


Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Põikjõust tulenev koormus

Kurvis liikumisel on rattad koormatud põikjõuga ja raamile mõjub põikjõud ja paindekoormus ümber z-telje.



Suurim koormus tekib kui auto liigub kahel väliskurvipoolisel rattal

Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Hapian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Põikjõust tulenev koormus

Suurim raskuskeskmesse mõjuv põikjõud:

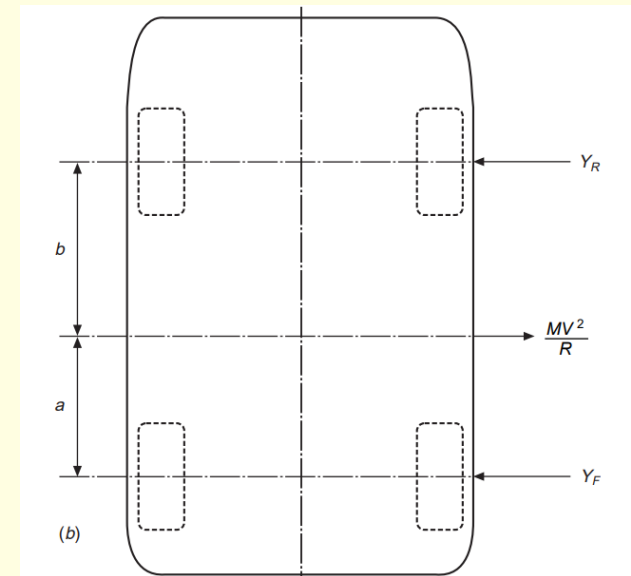
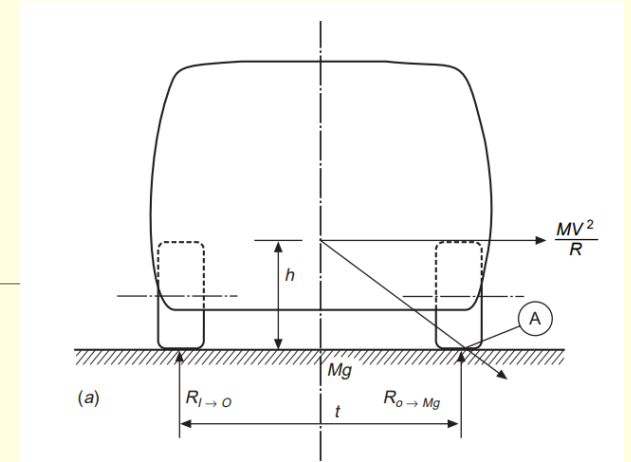
$$\frac{MV^2}{R} = \frac{Mgt}{2h}$$

Esirattale mõjuv põikireaktsioonijõud:

$$Y_F = \frac{Mgt}{2h} \frac{b}{(a+b)}$$

Tagarattale mõjuv põikireaktsioonijõud:

$$Y_R = \frac{Mgt}{2h} \frac{a}{(a+b)}$$



Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Hapian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Pikijõust tulenev koormus

Hoovõtul ja pidurdamisel on rattad koormatud pikijõuga ja raamile mõjub pikijõud ja paindekoormus ümber y-telje.

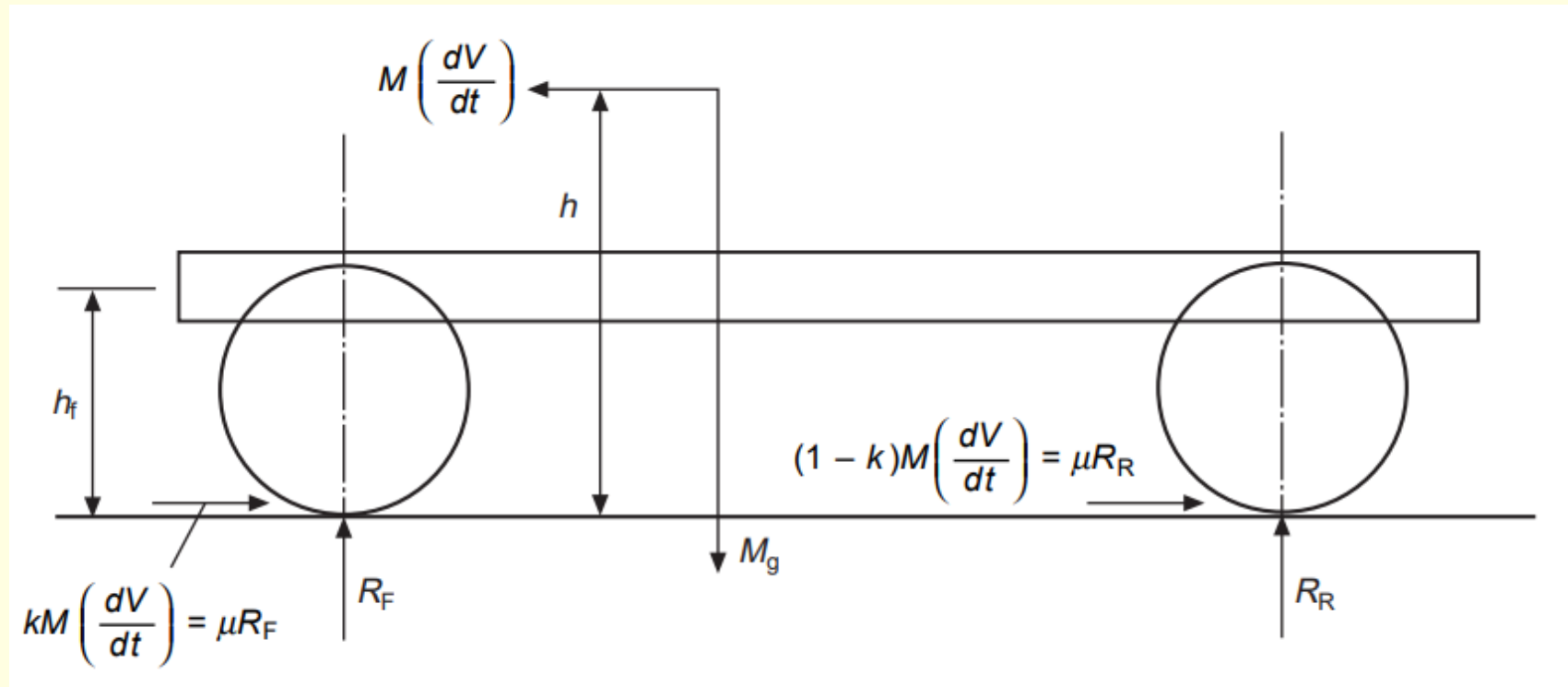
Pidurdus:

Pikijõud esiteljel:

$$R_F = \frac{Mg(L - a) + Mh\left(\frac{dV}{dt}\right)}{L}$$

Pikijõud tagateljel:

$$R_R = \frac{Mga - Mh\left(\frac{dV}{dt}\right)}{L}$$



Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Hapian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Pikijõust tulenev koormus

Hoovõtul ja pidurdamisel on rattad koormatud pikijõuga ja raamile mõjub pikijõud ja paindekoormus ümber y-telje.

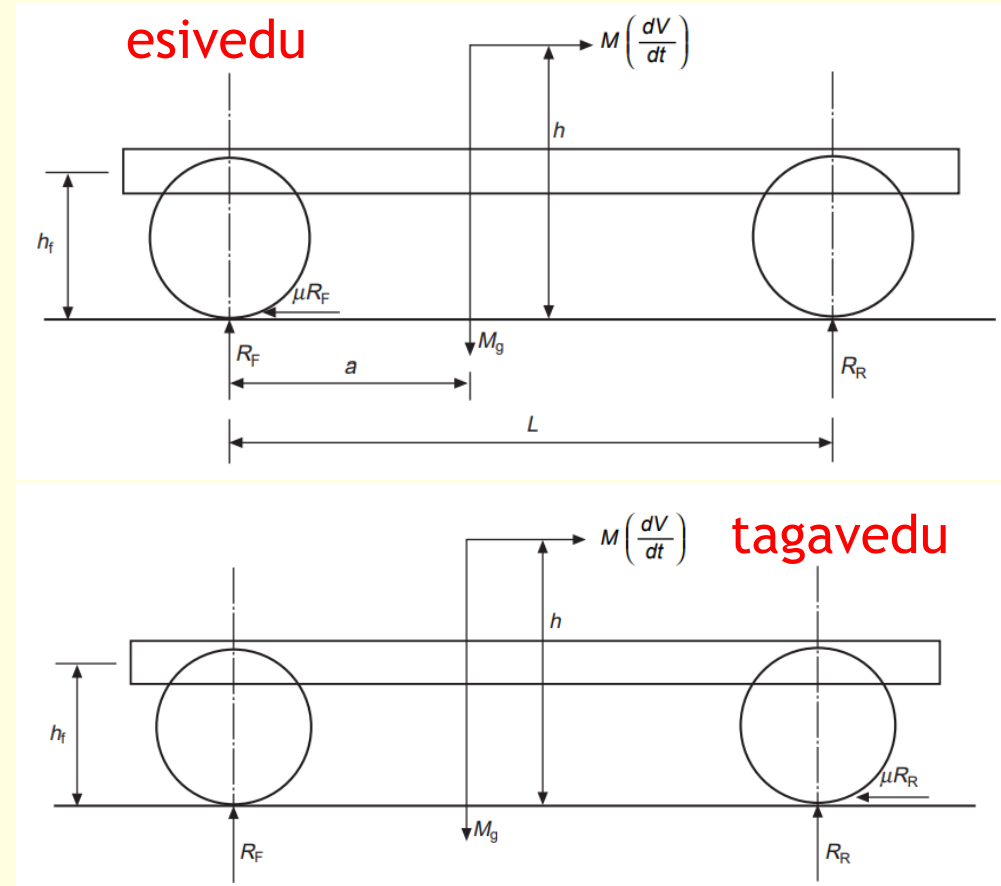
Hoovõtt:

Pikijõud esiteljel (esivedu):

$$R_F = \frac{Mg(L - a) - Mh\left(\frac{dV}{dt}\right)}{L}$$

Pikijõud tagateljel (tagavedu):

$$R_R = \frac{Mga + Mh\left(\frac{dV}{dt}\right)}{L}$$



Allikas: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Hapian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002



Varuteguri hindamine

Peale raami FEM-mudeli koormamist kirjeldatud koormusolukordades võrreldakse suurimaid ekvivalentpingeid (von Mises, MPa) raami materjali piirpingetega (R_m , R_{eH} või $R_{0,2}$).

Varutegur:

$$S = \frac{R_{eH}}{\sigma}$$

Varutegur raami materjali piirpinge (nt voolavuspiiri R_{eH}) arvestades peab suurima dünaamilise koormuse korral olema:

sitkete teraste korral **vähemalt 1,5 ja soovitavalt kuni 2,5.**

habraste materjalide korral **vähemalt 2,0 ja soovitavalt kuni 5,0.**

Allikad: An Introduction to Modern Vehicle Design Edited by Julian Happian-Smith, Butterworth-Heinemann 2002

I. Penkov MHE0061 Masinatehnika loengumaterjal, TTÜ 2007

