

# VÁZSZERKEZET FEJLESZTÉS VÉGESELEMES SZIMULÁCIÓVAL AZ ECON ENGINEERING KFT-NÉL

54. AUTÓBUSZ SZAKÉRTŐI TANÁCSKOZÁS

OLAJOS TAMÁS

2024.10.09.

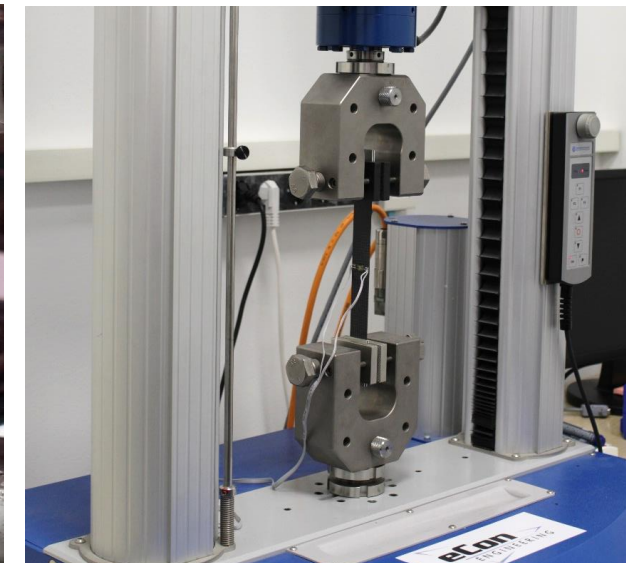
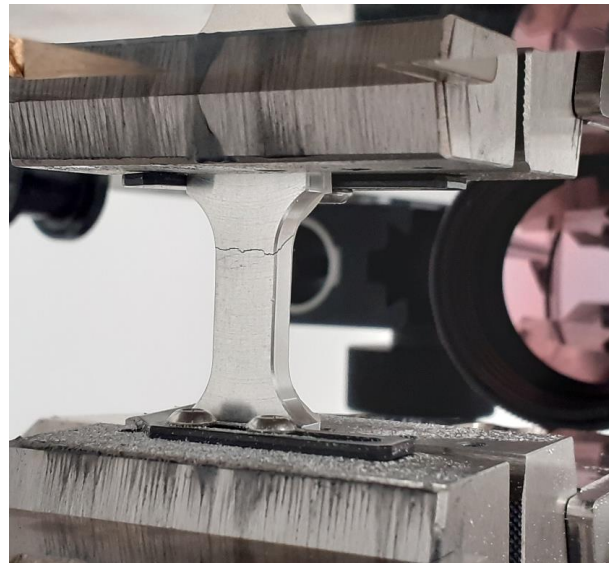
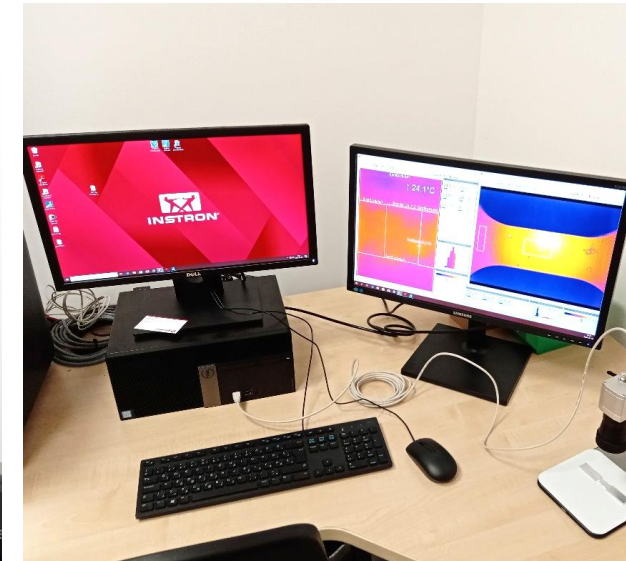
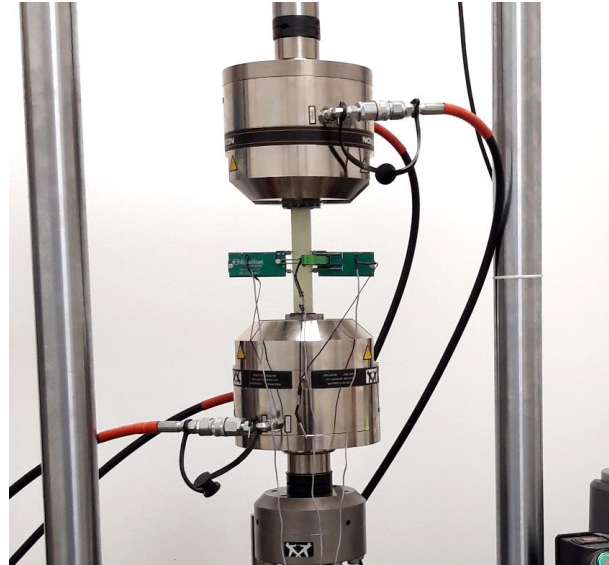
# TARTALOM

- ▶ Mérőlabor
  - ▶ Alapanyagvizsgálatok:
    - ▶ Statikus vizsgálatok, váz alapanyagának szilárdsági és merevségi paraméterek megállapításához.
  - ▶ Hegesztett szerkezetek vizsgálatai:
    - ▶ Hegesztett T-kötések vizsgálata kifáradásra, kifáradási limit meghatározásához, végeelemes háló elemméretének kalibrációjához.
- ▶ Szimulációs eljárások
  - ▶ Eurocode3 (EN1993-1-9:2005) alapján statikus szimuláció segítségével hegesztések megfelelősége kifáradásra.
  - ▶ EGB-66 alapján
    - ▶ Szegmens borulás
    - ▶ Karosszéria kvázi-statikusan terheléses vizsgálata
    - ▶ Teljes buszborulás
  - ▶ Virtuális tesztpálya (Virtual Proving Ground) teszt

# MÉRŐLABOR

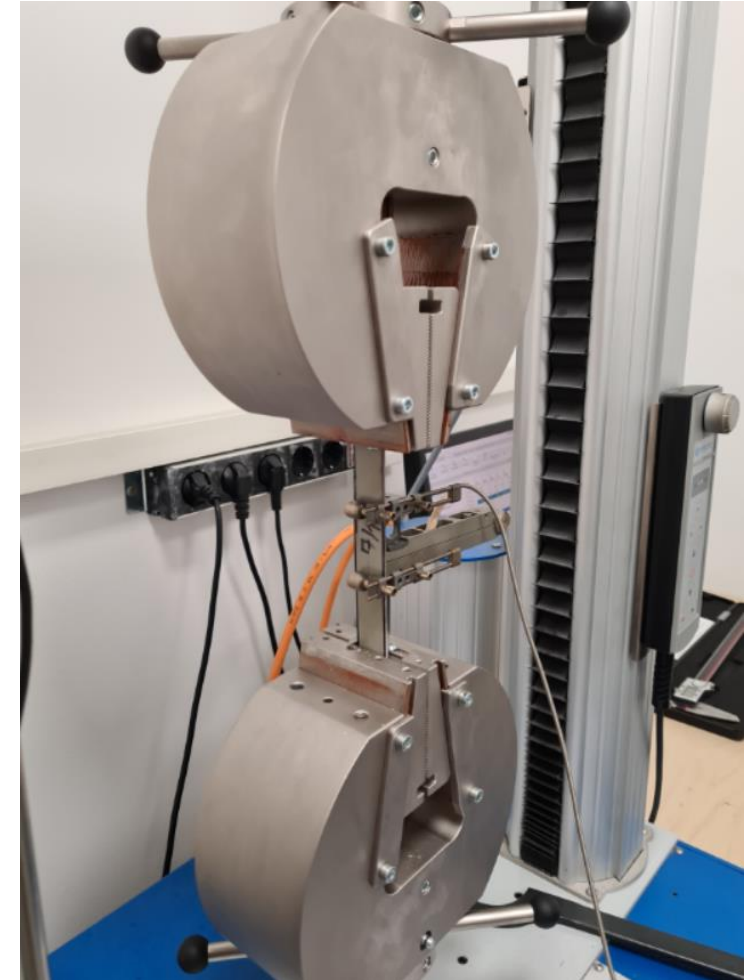
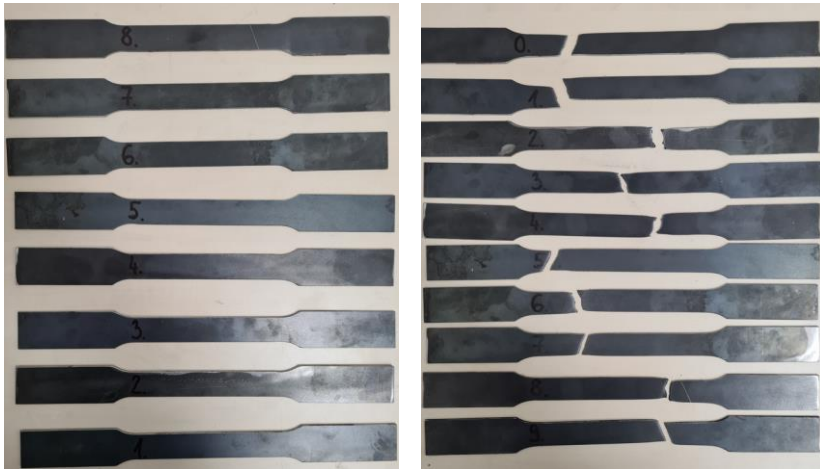
A házon belüli mérőlaborban rendelkezésre álló mérőgépek:

- ▶ Univerzális mérőgépek
  - ▶ 50 kN-os szervo-elektronikus (Hegewald)
  - ▶ 100 kN-os hidraulikus „fárasztógép” (Instron)
- ▶ Kiegészítők
  - ▶ Húzó, nyomó, hajlító és nyíró mérések végrehajtásához szükséges feltétek (statikus és kifáradás)
  - ▶ Egyedi tesztberendezés tervezés és gyártás
  - ▶ Uni- és biaxiális kontakt extenzométerek
  - ▶ 8 csatornás erősítő, a bélyeges nyúlásméréshez
  - ▶ Nagysebességű és hőkamera



# ALAPANYAGMÉRÉS

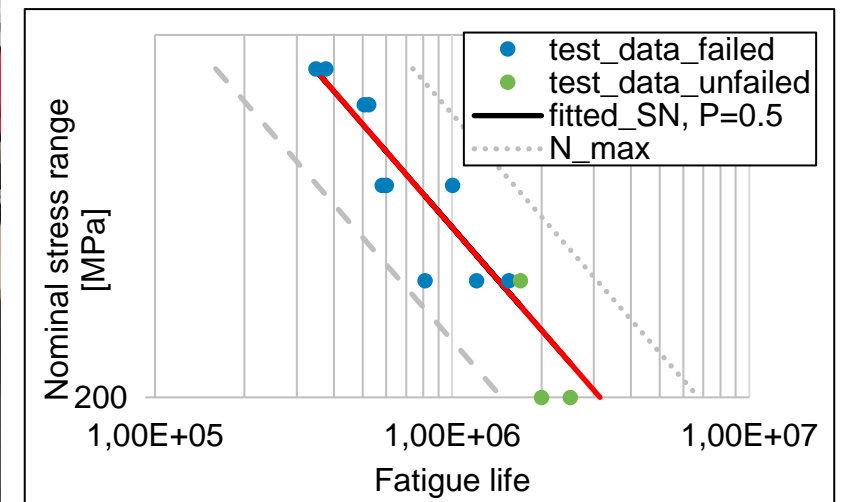
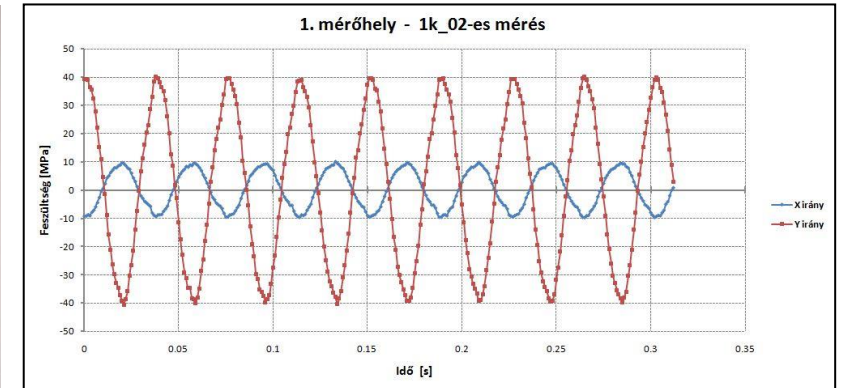
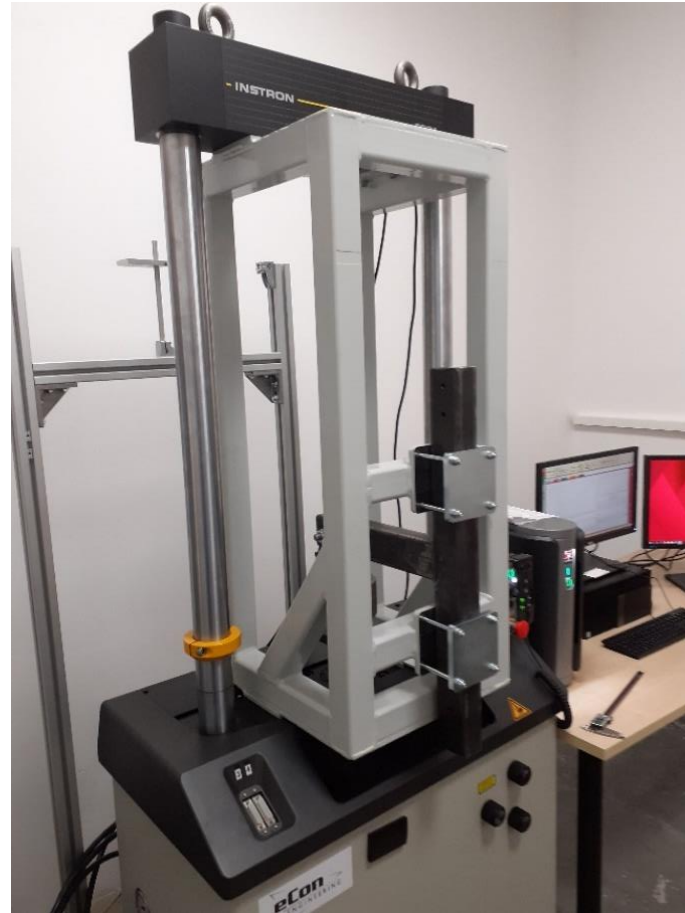
- ▶ Meghatározott paraméterek:
  - ▶ Young-modulus
  - ▶ Poisson-tényező
  - ▶ Folyáshatár
  - ▶ Folyásgörbe
  - ▶ Szakítószilárdság



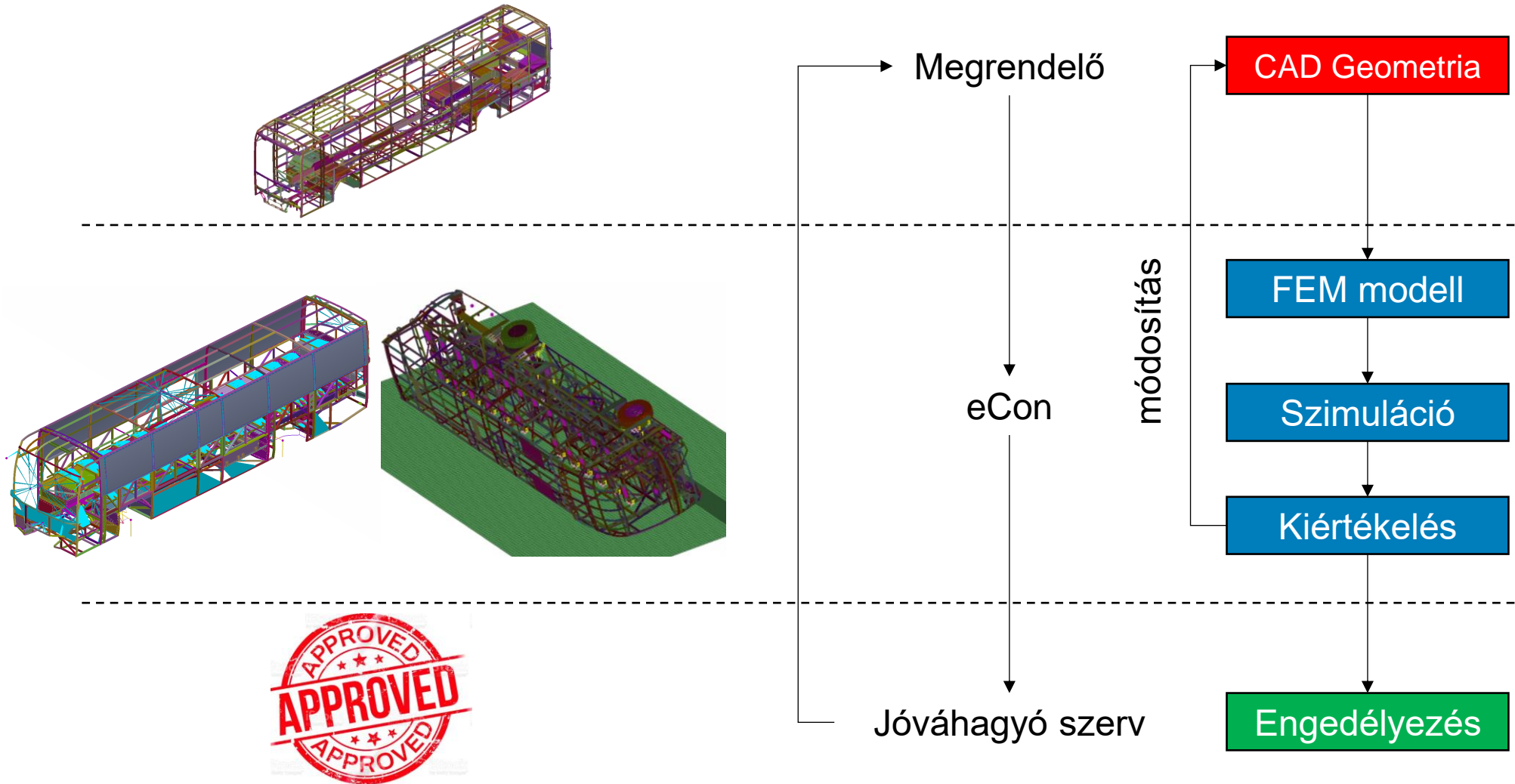


# HEGESZTETT T-KÖTÉS, KIFÁRADÁS MÉRÉS

- ▶ Hegesztett kötések vizsgálata
  - ▶ Wöhler görbe meghatározása

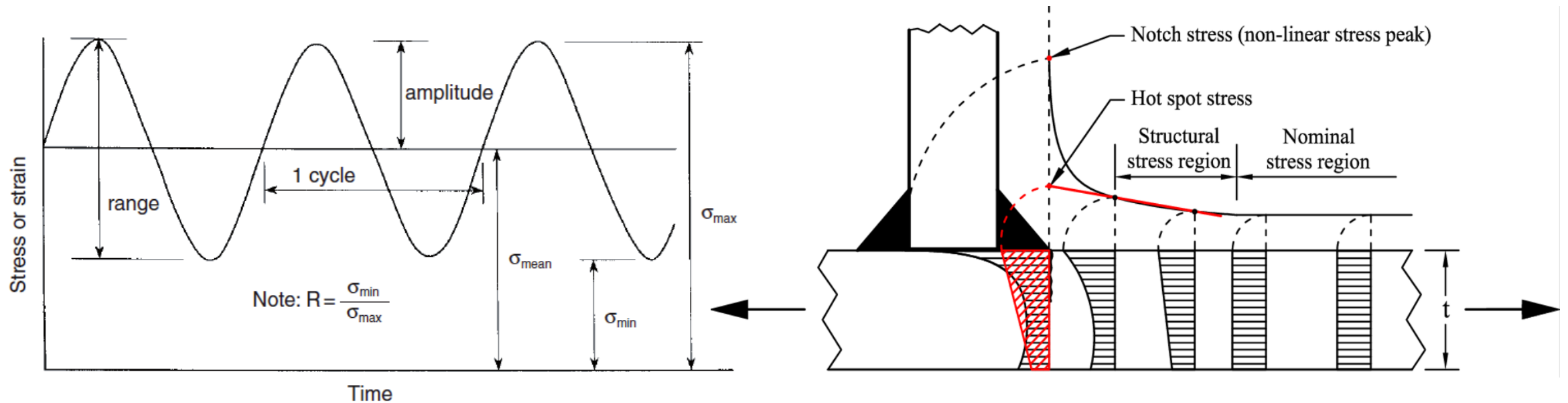


# SZIMULÁCIÓ BEVEZETŐ



# STATIKUS VIZSGÁLATOK, AZ EN 1993-1-9 ALAPJÁN

- ▶ Az EN 1993-1-9 a fárasztóterhelésnek kitett szerkezeti elemek, csomópontok és kapcsolatok fáradási ellenállásának vizsgálatára ad módszereket.
- ▶ Három különböző feszültségtípus: Nominális feszültség, Módosított nominális feszültség, Csúcsfeszültség (Hot Spot Stress)

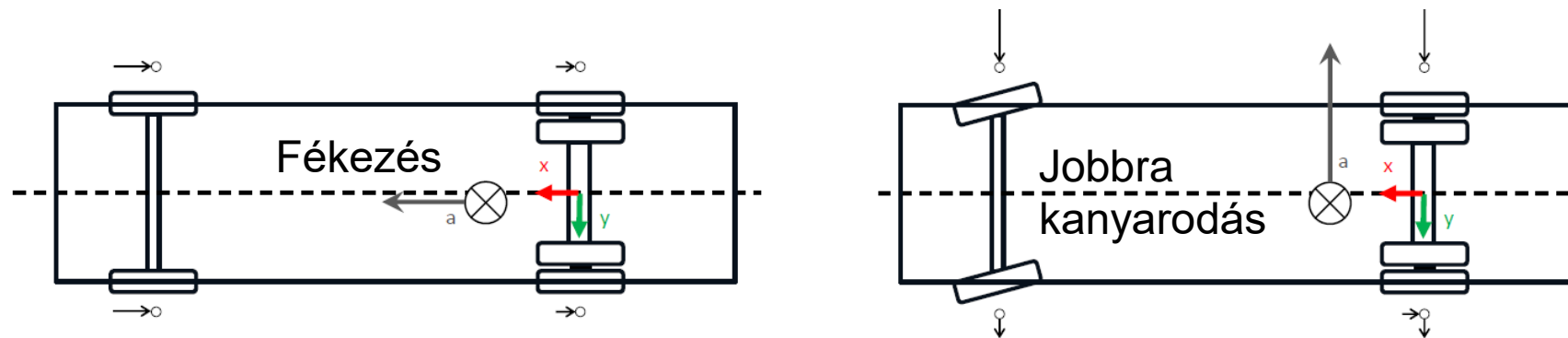


# STATIKUS VIZSGÁLATOK, TERHELÉSI ESETEK

- ▶ Gravitációs teher:  $g_z = 1.0G$  (Minden további terhelési esetnél is hat.)
- ▶ Gyorsítás: Hosszirányú gyorsulás  $0.1G$
- ▶ Fékezés: Hosszirányú gyorsulás  $0.3G$
- ▶ Kanyarodás balra/jobbra: Keresztirányú gyorsulás  $0.3G$

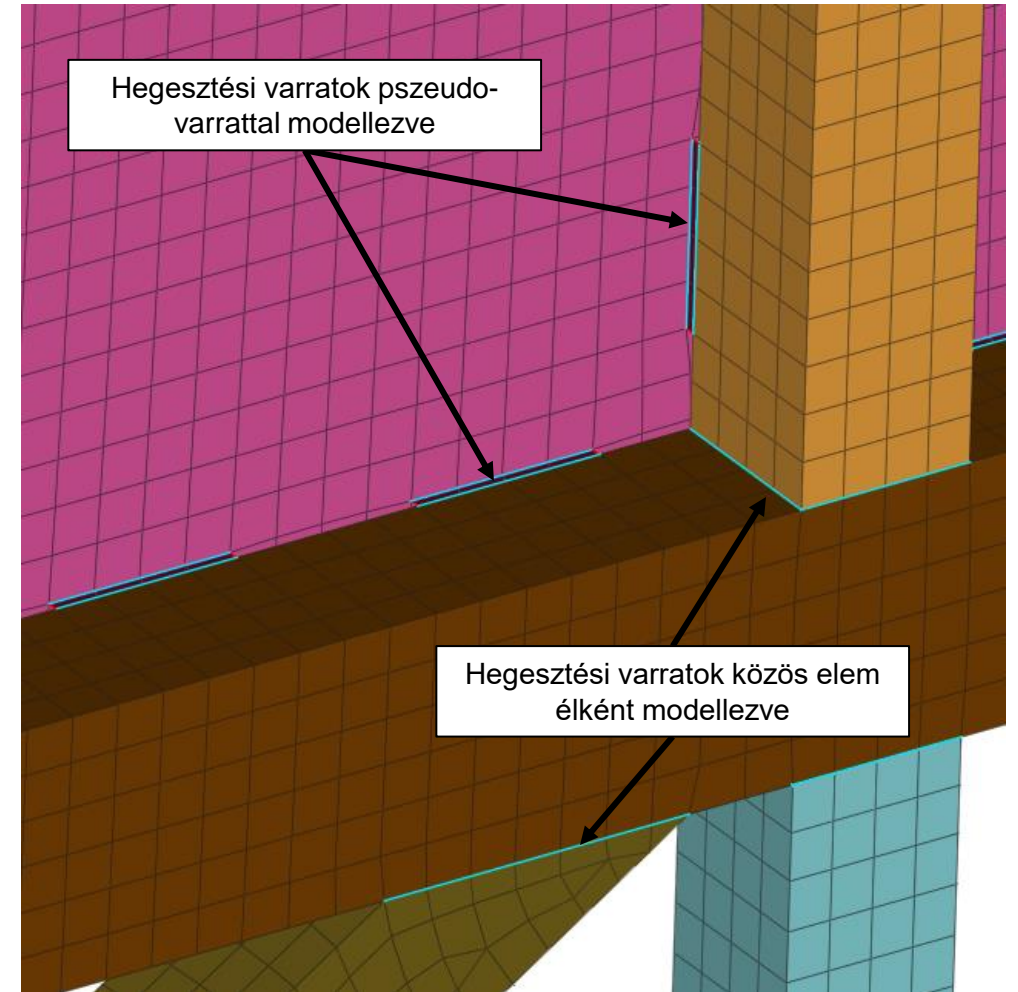
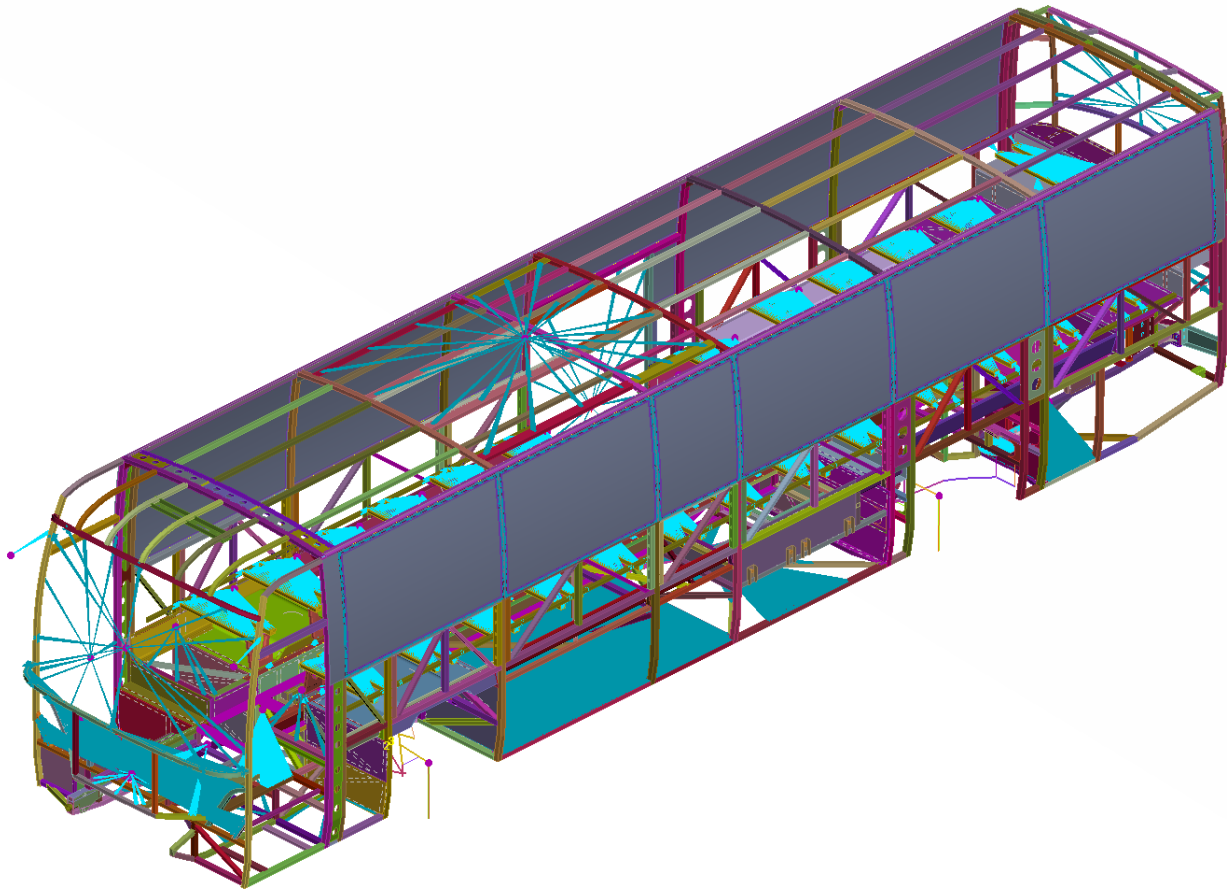
A keresztirányú reakcióerők eloszlása a belső és a külső kerekek között megközelítőleg  $\frac{1}{3}$ - $\frac{2}{3}$  arányban oszlik el

- ▶ Csavarás bal első / jobb első / bal hátsó / jobb hátsó kerék megemelésével (150 mm z irányban)

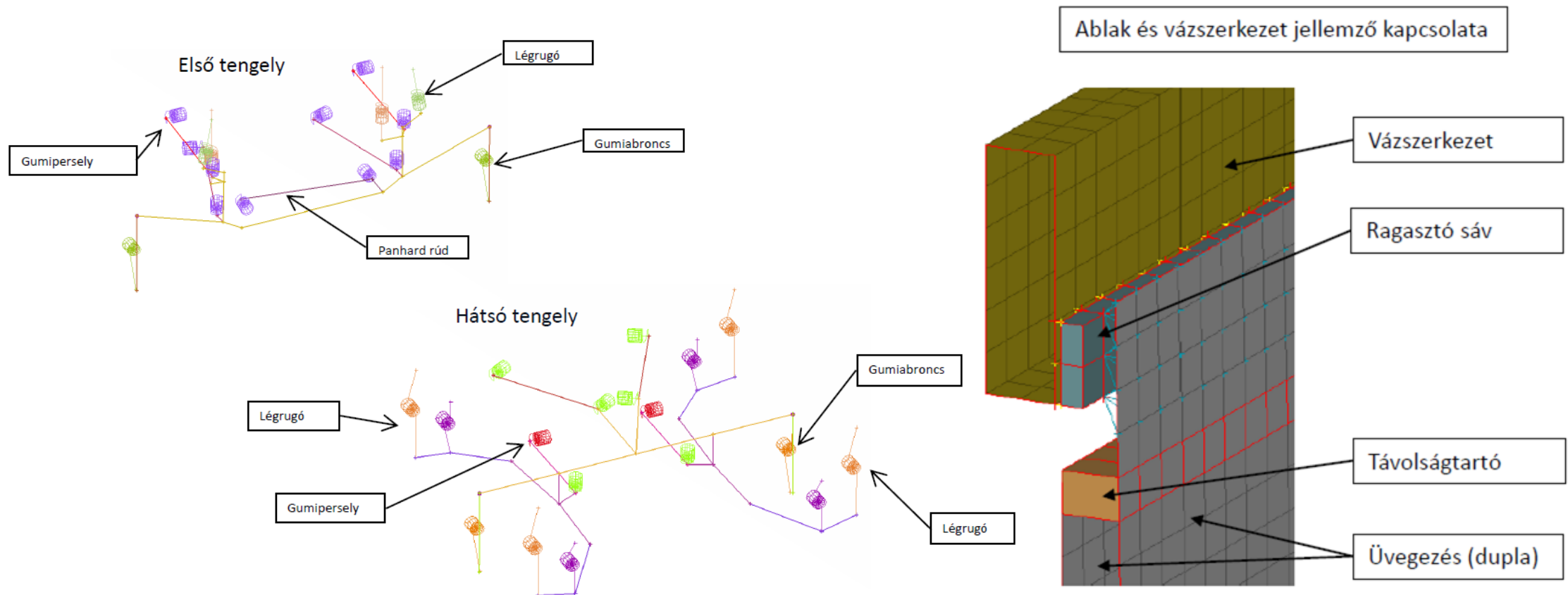




# STATIKUS VIZSGÁLATOK, VÉGESELEMES MODELL FELÉPÍTÉSE



# STATIKUS VIZSGÁLATOK, VÉGESELEMES MODELL FELÉPÍTÉSE

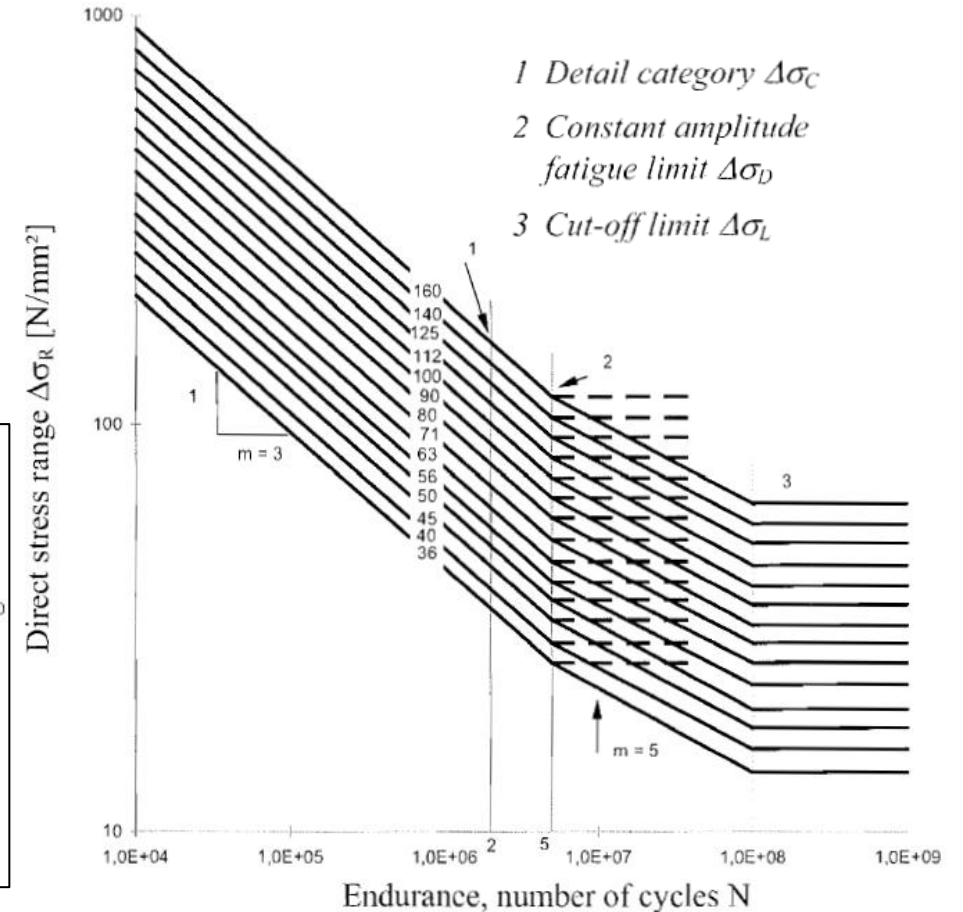


# STATIKUS VIZSGÁLATOK, AZ EN 1993-1-9 ALAPJÁN

- ▶ A különböző kötések besorolása részlet kategóriákba.
- ▶ A kategóriák alapján kifáradási görbe meghatározása.

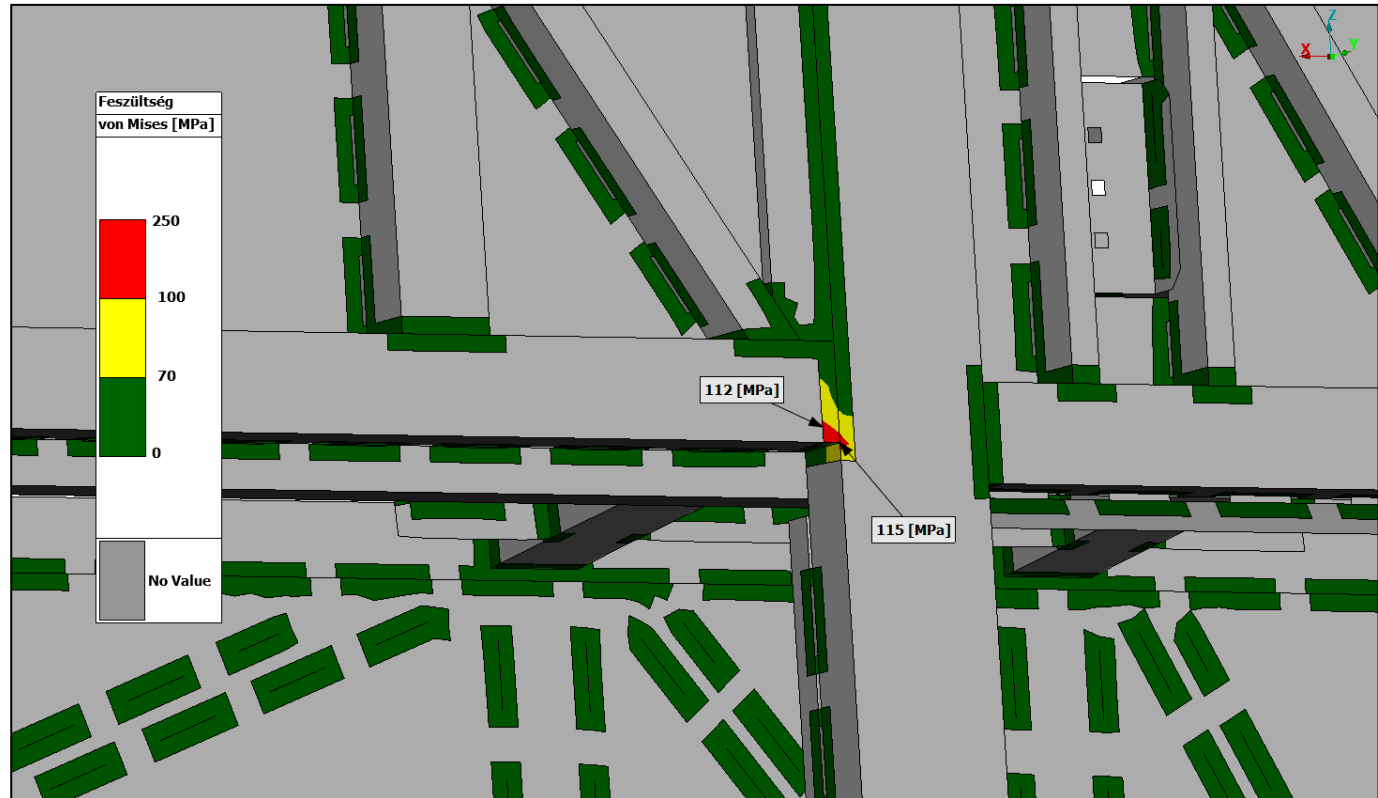
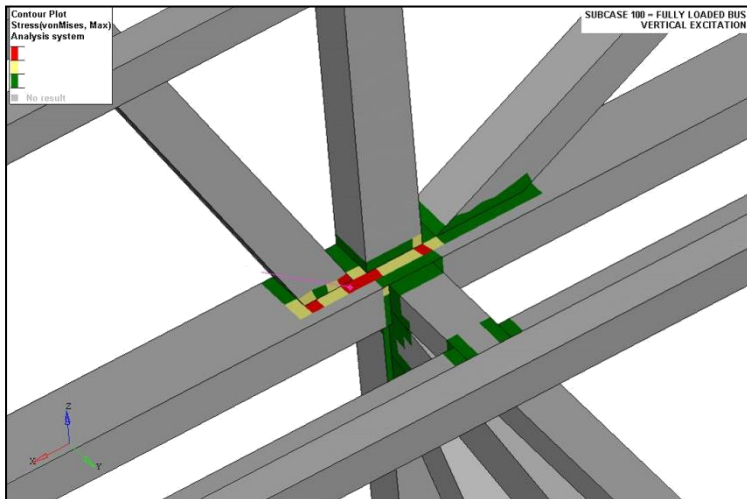
Detail category

		Gap joints: Detail 2): K and N joints, rectangular structural hollow sections:
71	$\frac{t_o}{t_i} \geq 2,0$	
m=5		
36	$\frac{t_o}{t_i} = 1,0$	
m=5		



# STATIKUS VIZSGÁLAT, KIÉRTÉKELÉS

- ▶ Csak hegesztések vizsgálata
- ▶ Eurocode 3 alapján
- ▶ Limitek módosítása tapasztalati úton

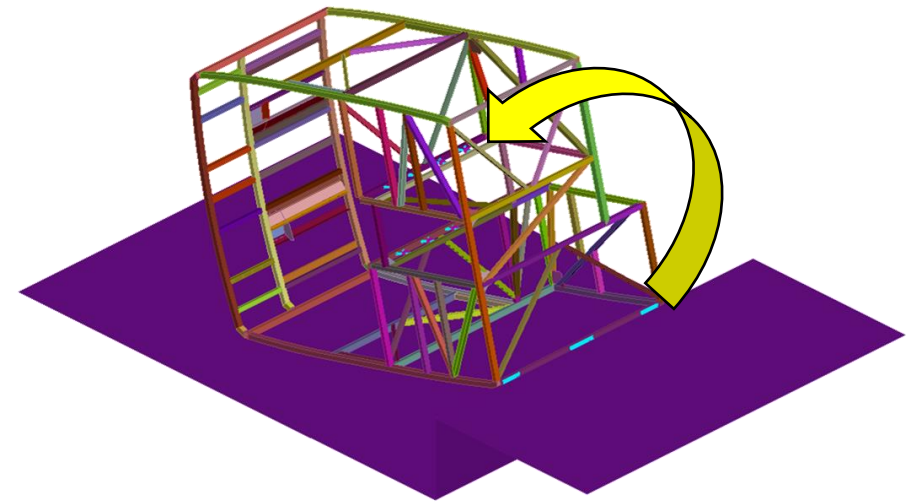




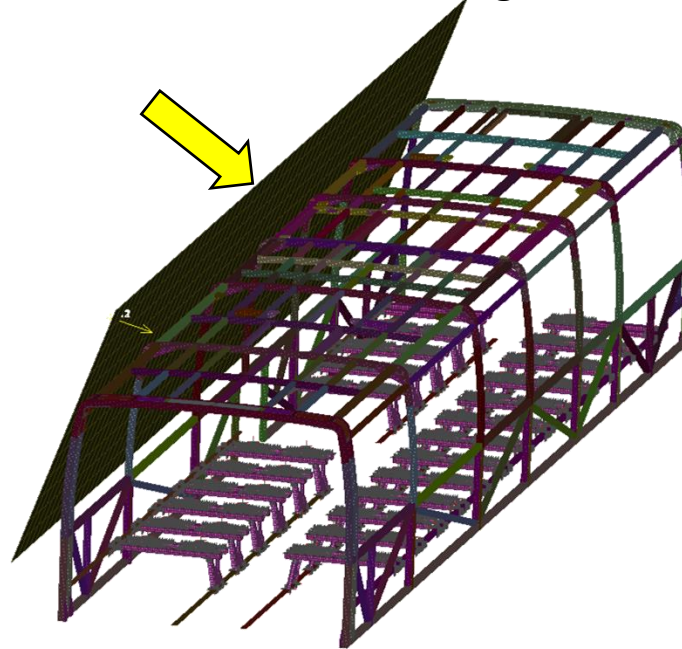
# BORULÁS SZIMULÁCIÓ (EGB-66)

3 típusú borulás vizsgálat az EGB-66 szabvány szerint

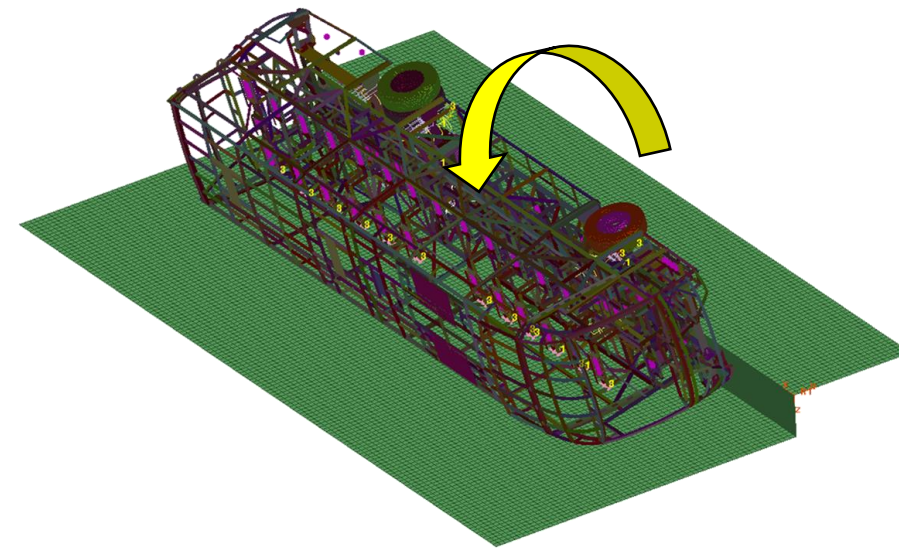
Szegmens borulás



Karosszéria kvázistatikus terheléses vizsgálata



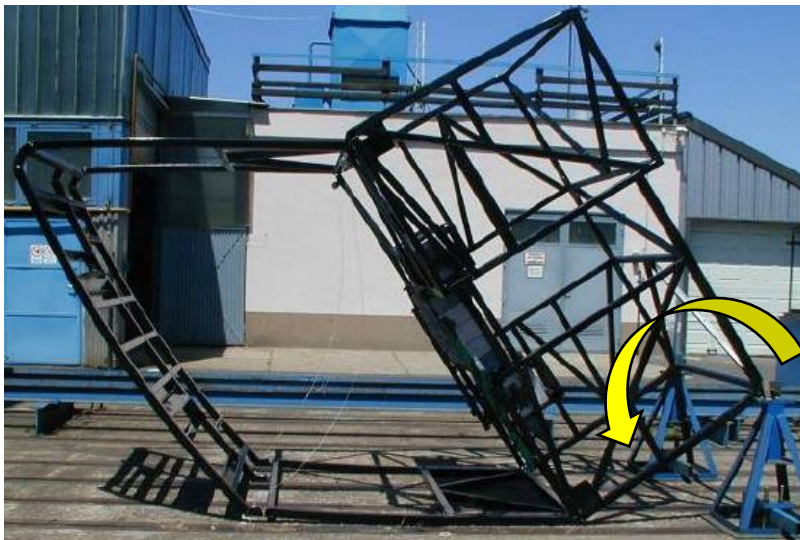
Teljes busz borulás





# BORULÁS SZIMULÁCIÓ (EGB-66)

Szegmens borulás



Karosszéria kvázistatikus terheléses vizsgálata

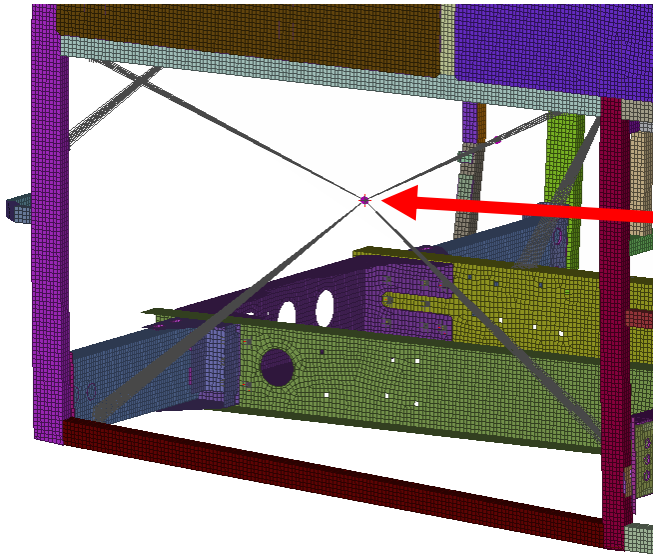


Teljes busz borulás

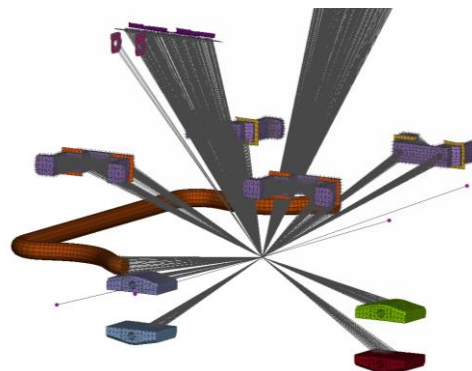


# BORULÁSVIZSGÁLAT, VÉGESELEMES MODELL FELÉPÍTÉSE

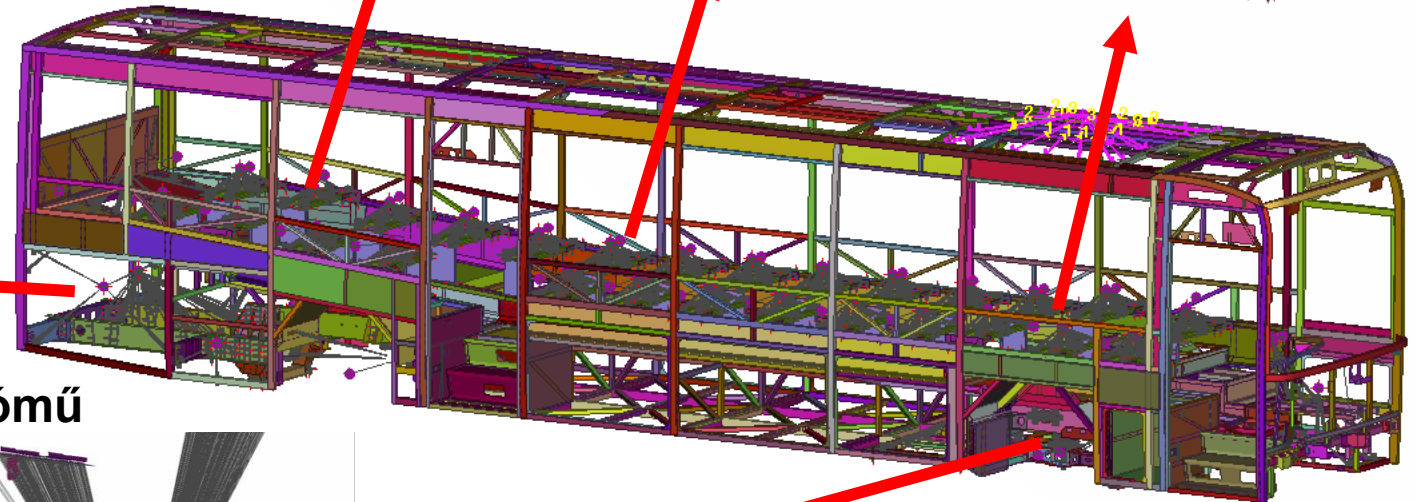
Nagytömegű  
szerkezeti egységek



Futómű

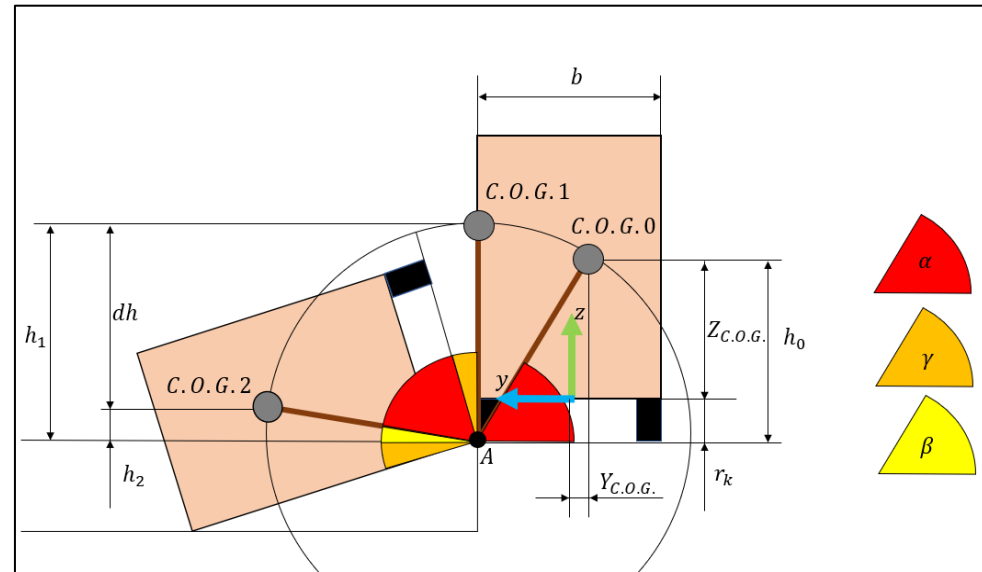
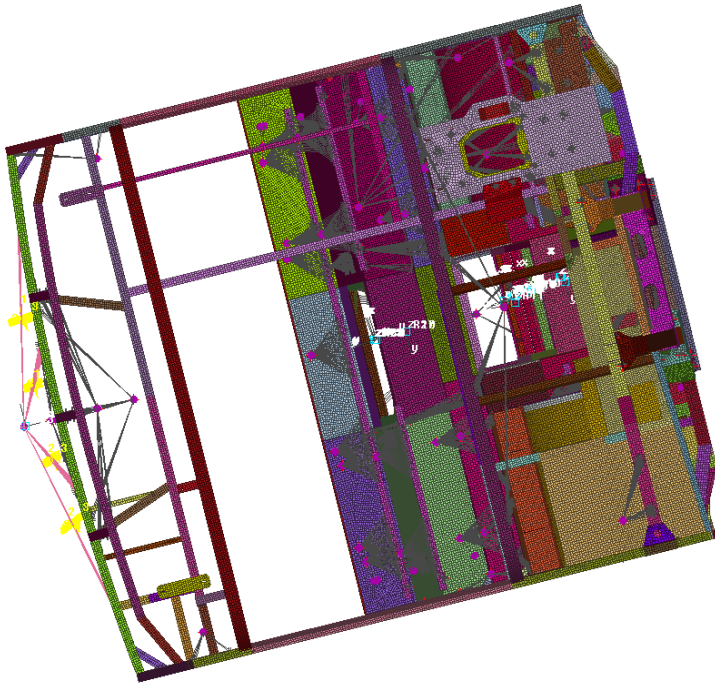


Utások



# BORULÁSVIZSGÁLAT, PEREMFELTÉTELEK

A busz tömegéből és méreteiből ismert a szögsebesség a földet éréskor.



$$h_0 = Z_{C.O.G.} + r_k$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{h_0}{h_1}\right)$$

$$\gamma = 104 - 90 = 14[^\circ]$$

$$\beta = 90 - \alpha - \gamma$$

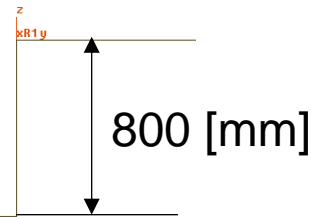
$$Y_0 = \frac{b}{2} + Y_{C.O.G.}$$

$$h_1 = \sqrt{h_0^2 + (Y_0)^2}$$

$$h_2 = h_1 \sin(\beta)$$

$$dh = h_1 - h_2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot dh}{\theta_A}}$$

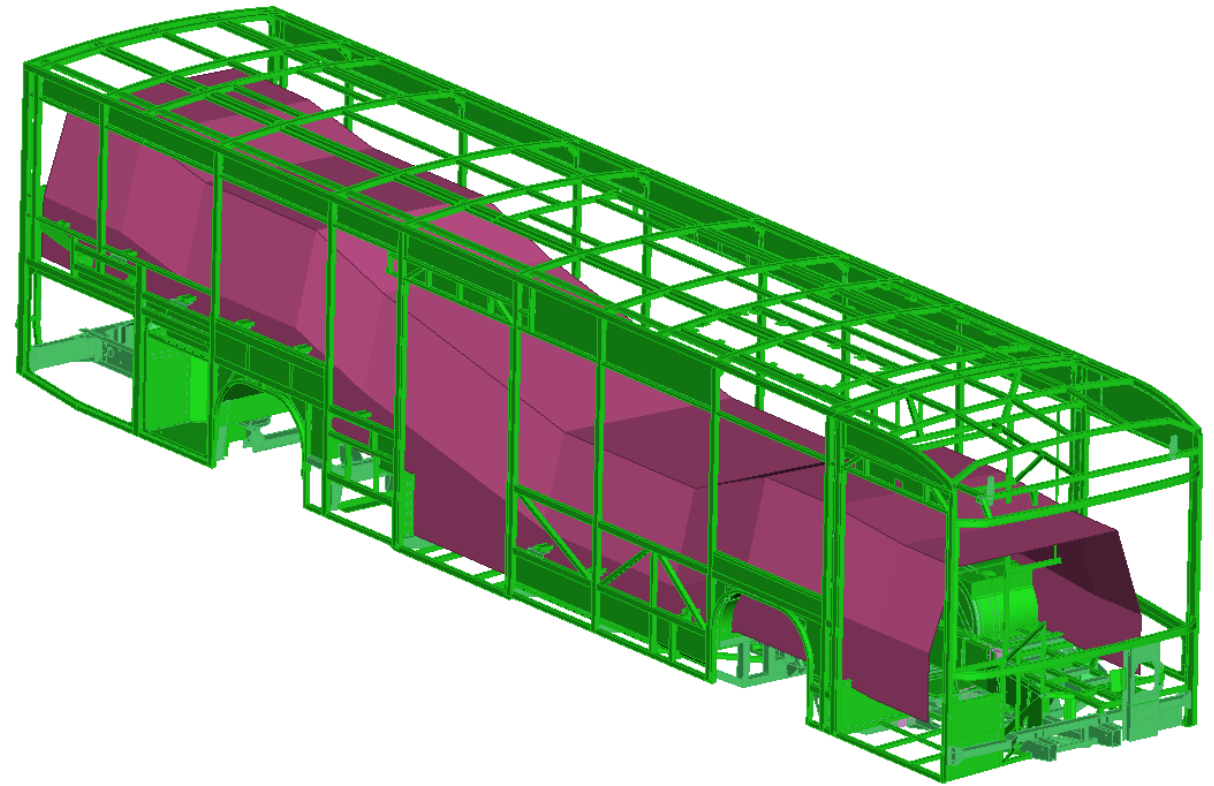
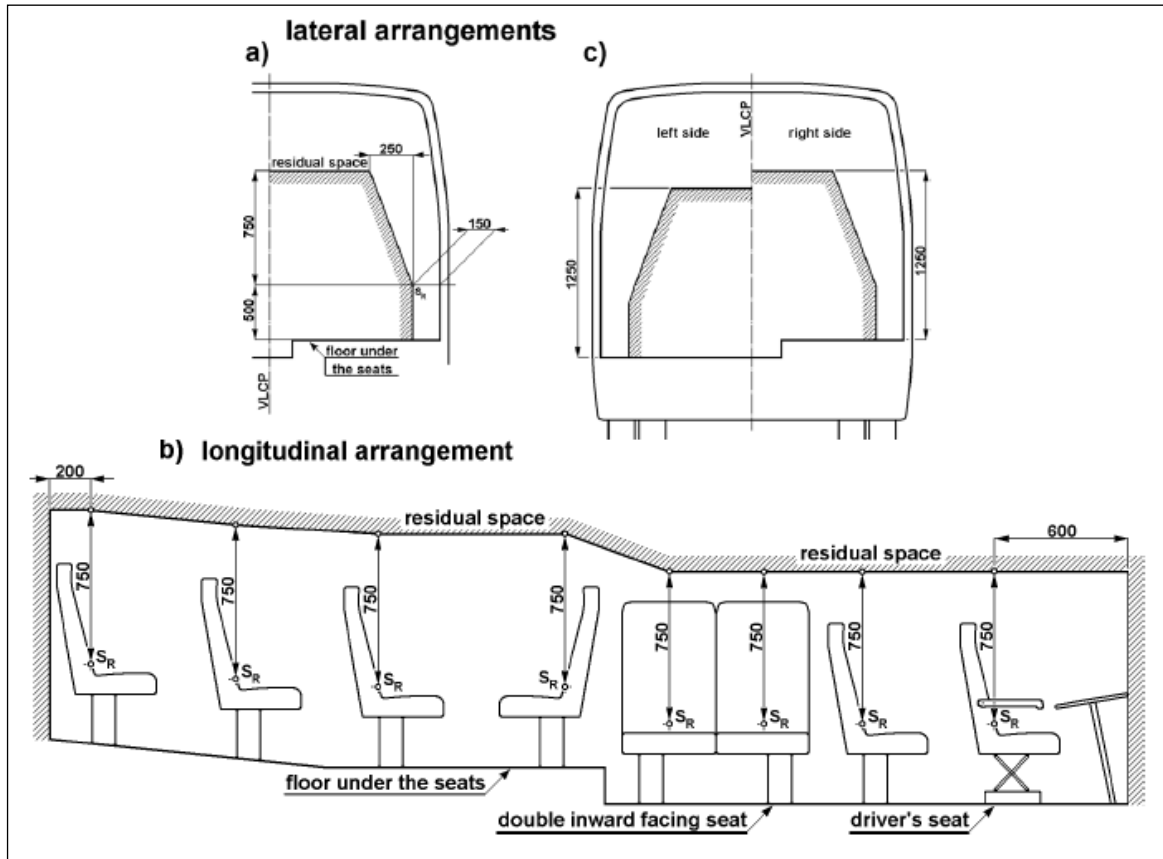


$$mg\Delta h = \frac{1}{2} \theta_A \omega^2$$

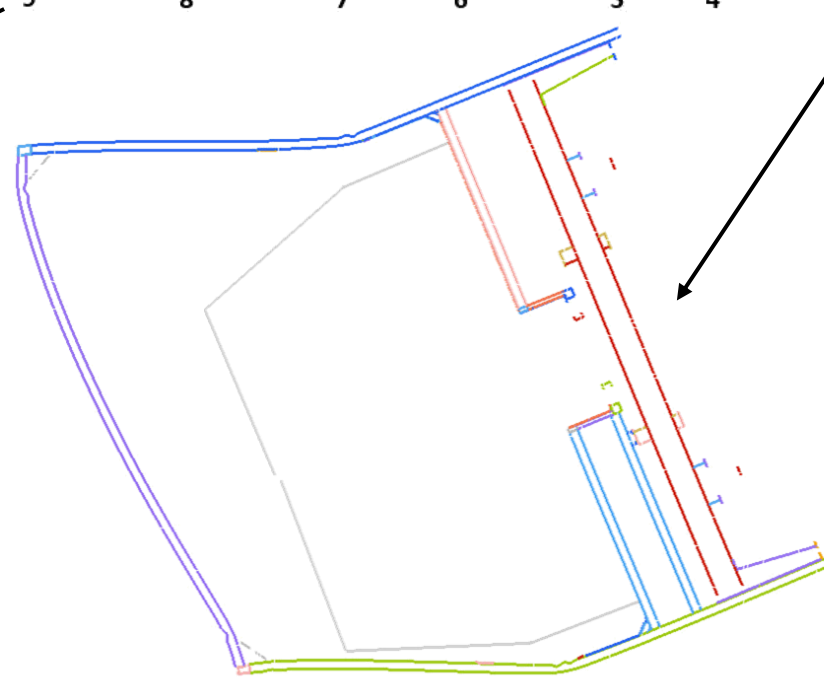
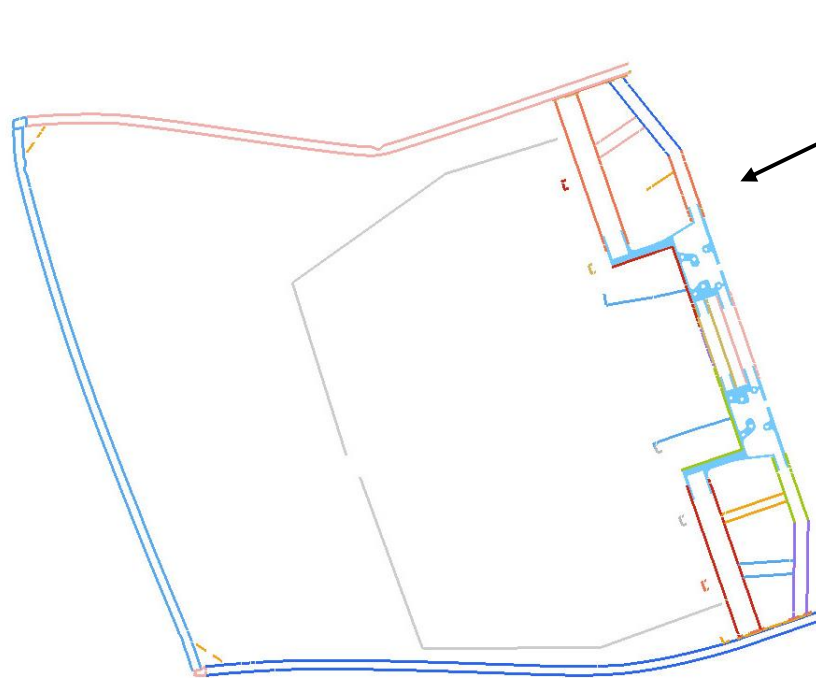
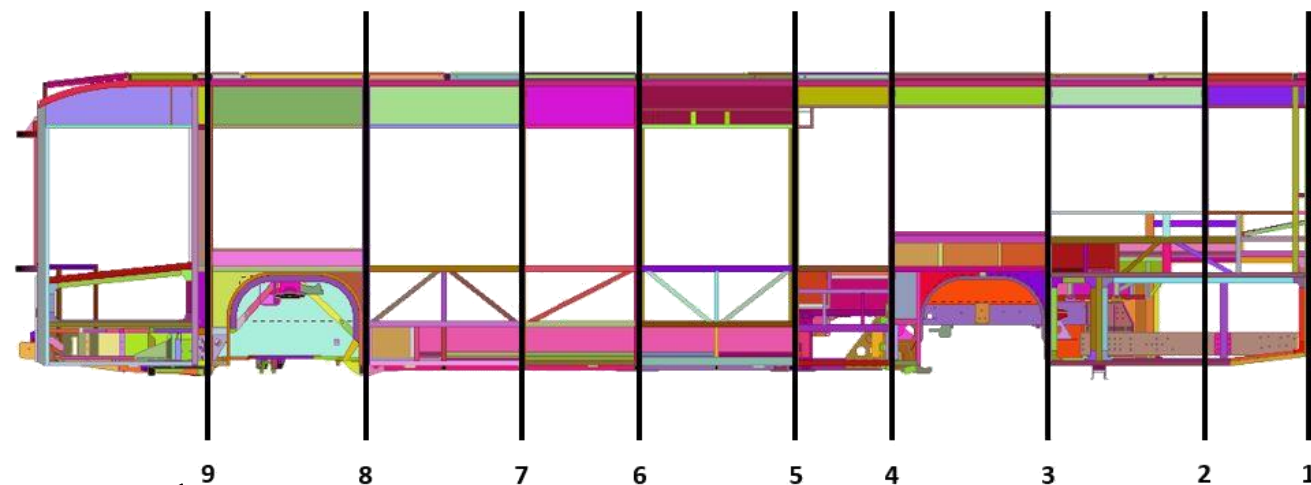


# BORULÁSVIZSGÁLAT, TÚLÉLŐTÉR

Túlélőtér az EGB-66 szabvány szerint

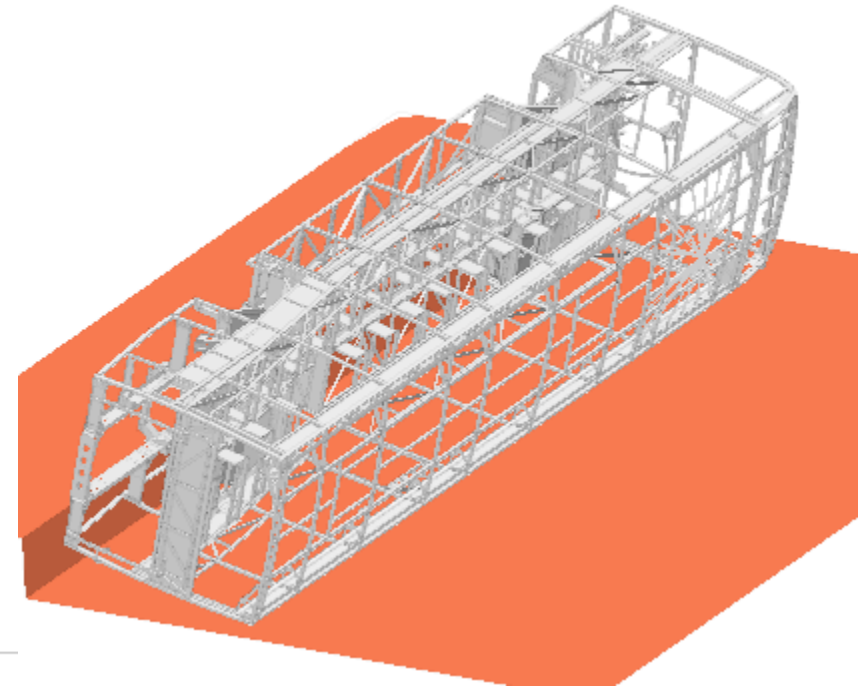
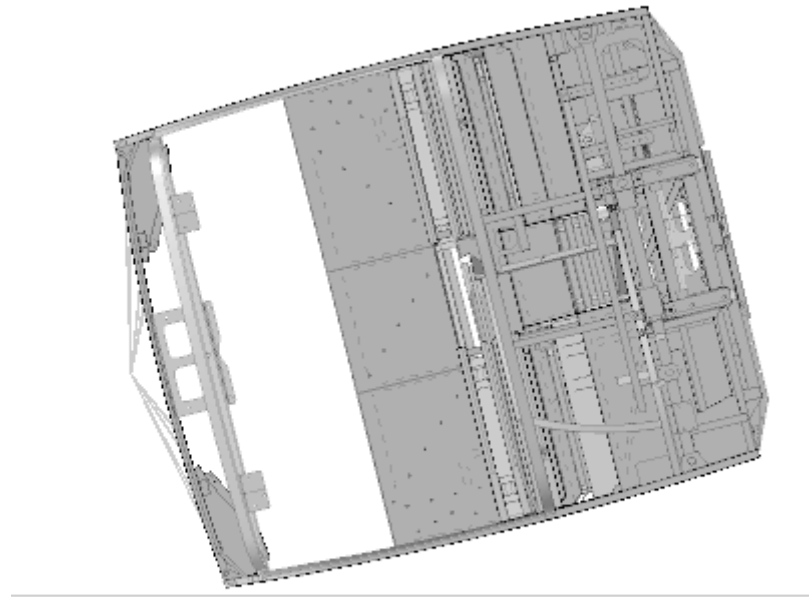
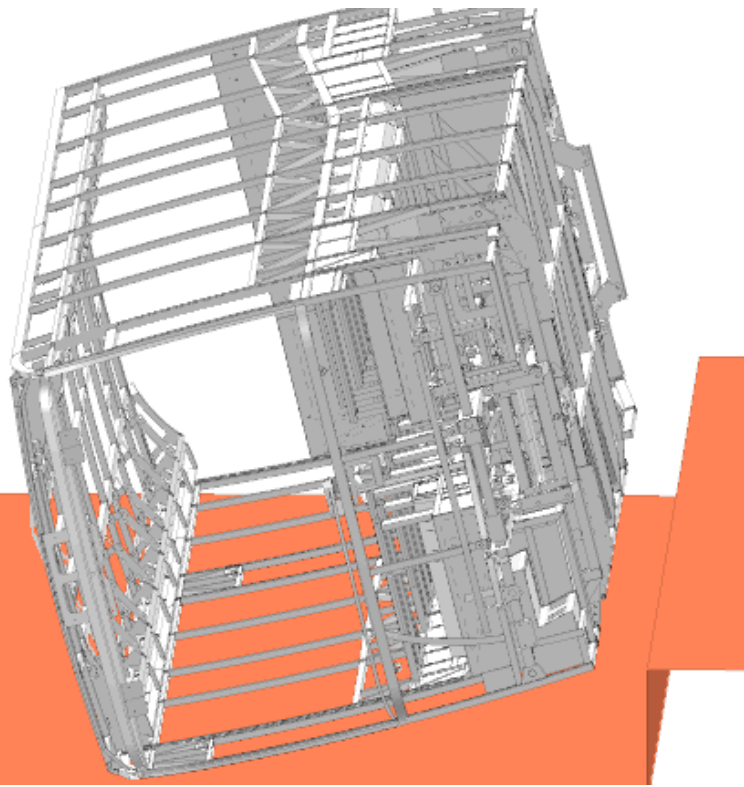


# KIÉRTÉKELÉS, TÚLÉLŐTÉR

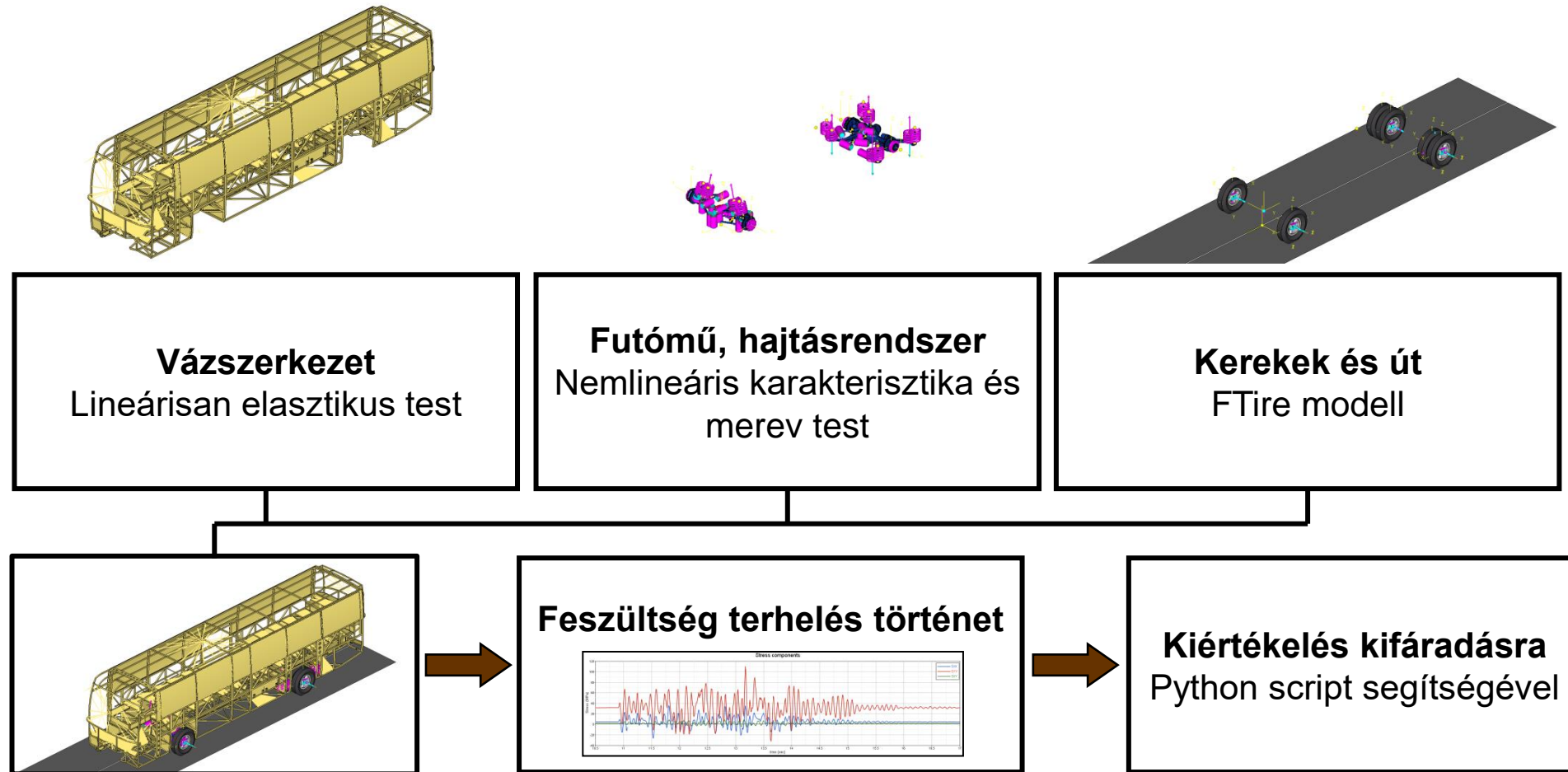




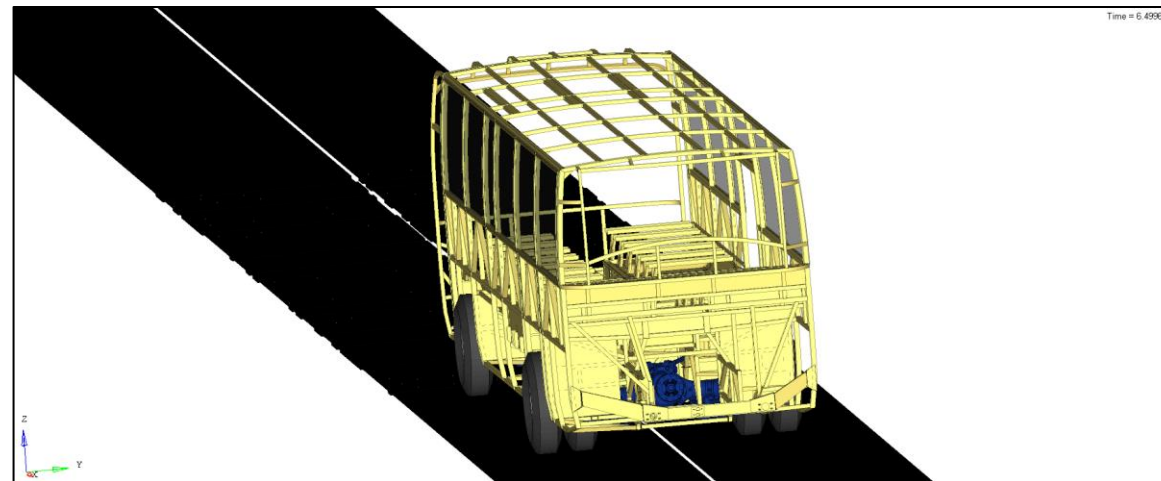
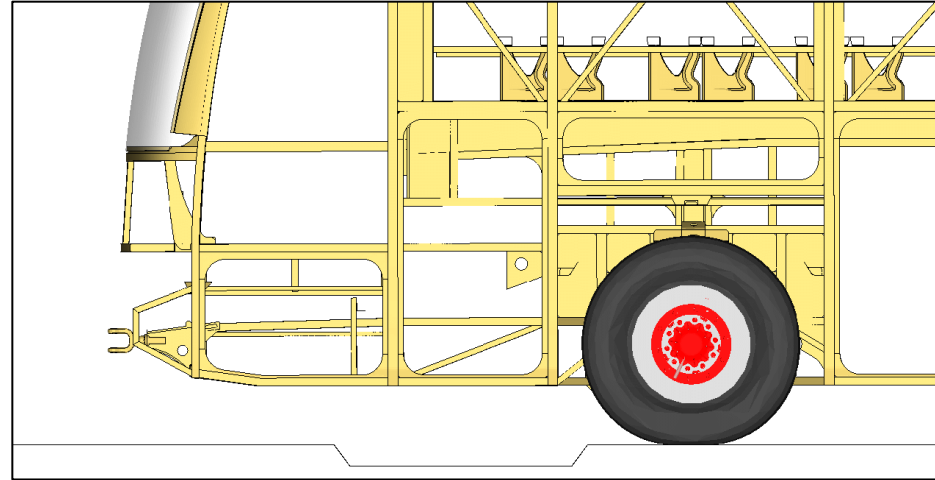
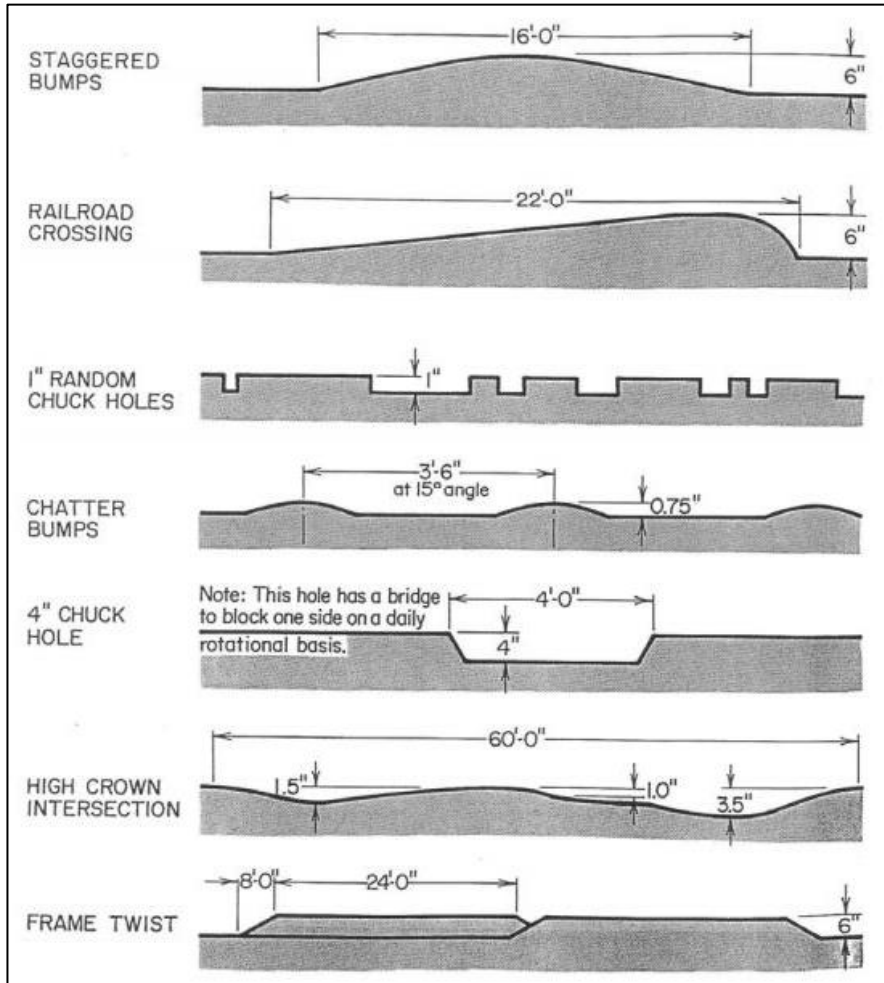
# SZIMULÁCIÓ EREDMÉNYE



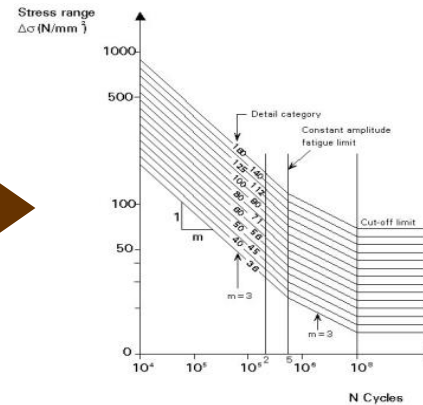
# VIRTUÁLIS TESZTPÁLYA (VIRTUAL PROVING GROUND) TESZT



# VIRTUÁLIS TESZTPÁLYA (VIRTUAL PROVING GROUND) TESZT



# VIRTUÁLIS TESZTPÁLYA (VIRTUAL PROVING GROUND) TESZT



$$D = \sum d_i$$

**Tranziens eredmény  
feldolgozása**  
Rainflow analízis

**Részkárosodások  
számítása**  
S-N görbék - Eurocode

**Teljes károsodás**  
Miner összeg szerinti  
szuperpozíció

**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET**



eCon Engineering Kft.

H-1116 Budapest

Kondorosi út 3.

Tel.: +36-1-279-0320

[www.econengineering.com](http://www.econengineering.com)