



Virtuální model člověka pro analýzu poranění a jeho aplikace v automobilovém průmyslu

Luděk Hynčík¹,
Jan Vychytil¹, Stanislav Špirk¹, Jaroslav Maňas², Luděk Kovář²

19. dubna 2016, Techmania Science Center

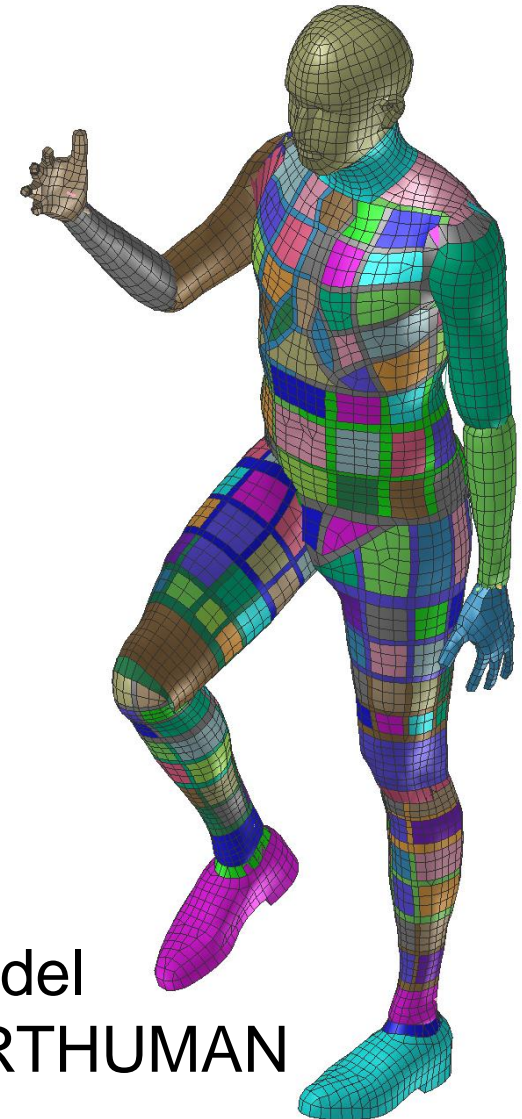


¹Západočeská univerzita v Plzni



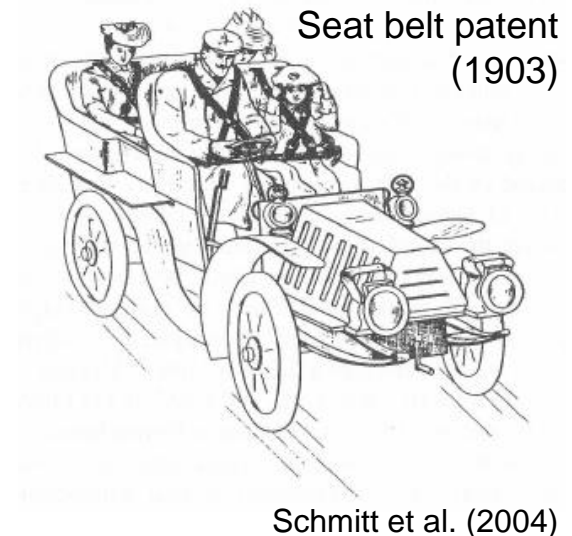
²MECASESI s.r.o.

- ▶ Impaktní biomechanika
- ▶ Virtuální biomechanické modely člověka
 - ▶ Různé přístupy modelování
 - ▶ Validace modelů
 - ▶ Škálování modelů
- ▶ Virtuální testování
 - ▶ Virtuální *prototyping*

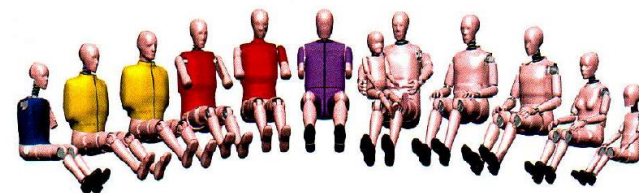


Model
VIRTHUMAN

- ▶ 400 př. n. l. – Hippokrates
- ▶ Úzce spjato s automobilismem
- ▶ 1871 – první automobily
- ▶ 1903 – patentovány pásy
- ▶ 1913 – Henry Ford
- ▶ 1939 – pevnost hlavy na WSU
- ▶ 1955 – John Paul Stapp
- ▶ První experimentální figuríny a vybavení
- ▶ První matematické modely
- ▶ Virtuální prototyping



- ▶ Základní principy
 - ▶ Mechanismus poranění (jak vzniká poranění)
 - ▶ Mechanická odezva (jak se chová tělo)
 - ▶ Tolerance lidského těla (limity)
- ▶ Testování nárazů
 - ▶ Dobrovolníci
 - ▶ PMHS, PMTO, jejich části
 - ▶ ATD (standardizované figuríny)
 - ▶ Kritéria poranění
 - ▶ Klasifikační testy



Renault Laguna

Adult occupant rating ★★★★★ Pedestrian rating ★★☆☆☆
Test Scores: Front 15 (94%) Side 18 (100%) Belt Reminder 1 Overall 34 Pedestrian 12 (33%)



The Laguna has been awarded an extra point that now means that the car has 34 points overall following the installation of an intelligent seat belt reminder for the driver to buckle up the seat belt.

The car body proved to be extremely stable and provided good protection for occupants. No points were lost in the side impact and only one was deducted for its frontal impact performance.

Impact Protection



Driver Front Impact

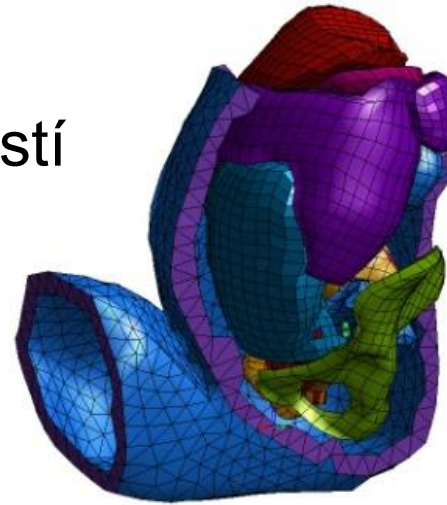


Passenger Front Impact

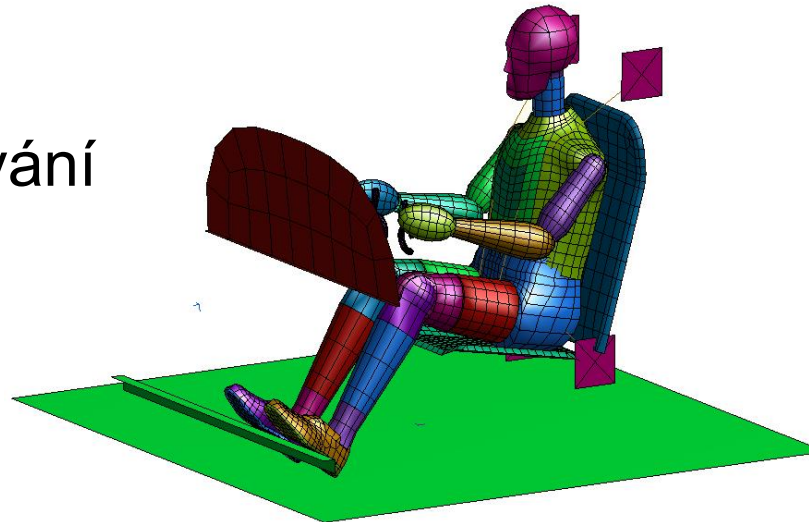


Driver Side Impact

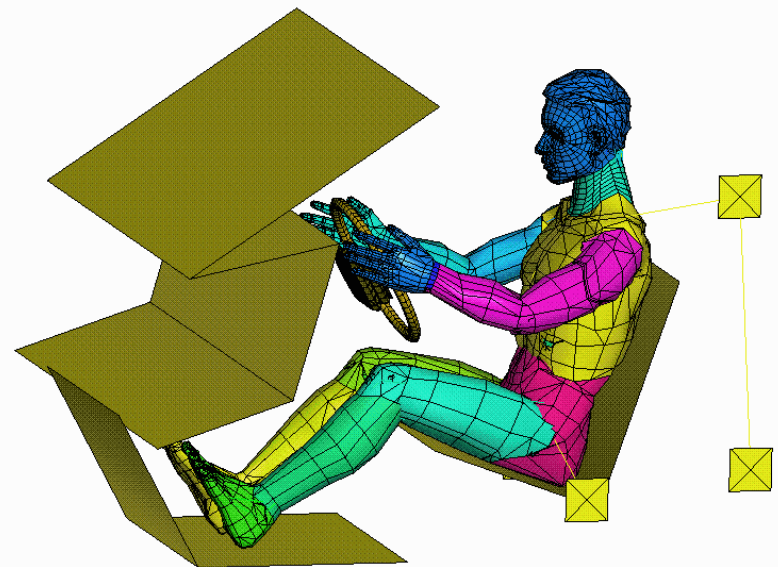
- ▶ „Tuhé“ nebo deformovatelné
- ▶ Celé modely nebo modely částí
- ▶ Pasivní a aktivní modely
- ▶ Modely pro speciální účely



- ▶ Legislativa
- ▶ Výhody modelování
- ▶ Škálování

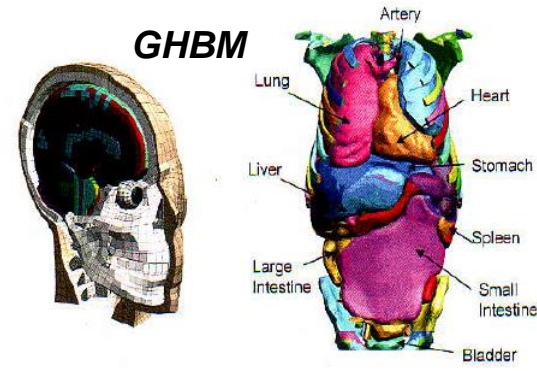
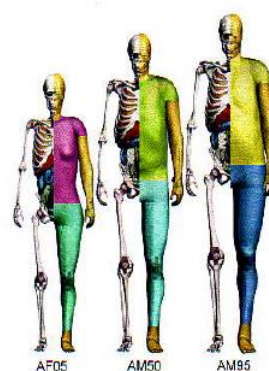
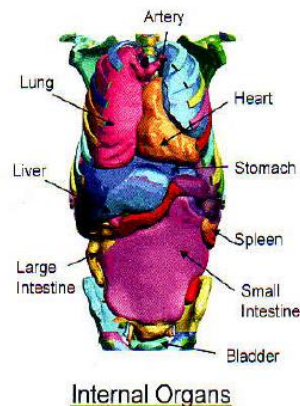
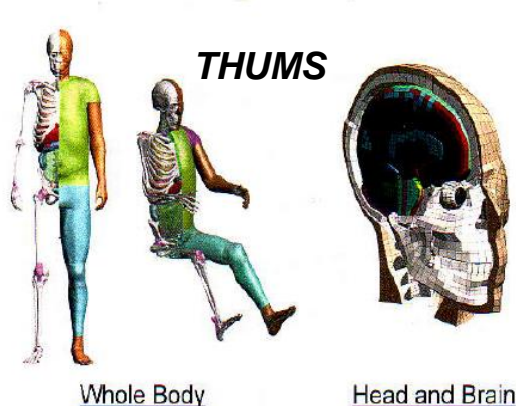
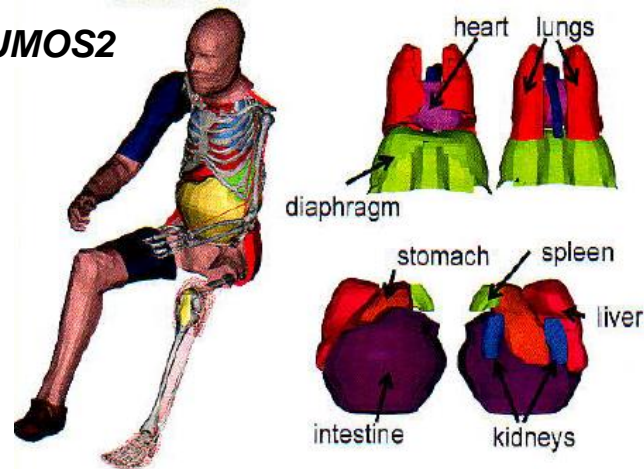


- ▶ *Articulated Rigid Body*
- ▶ Z ohledem na stav výpočetní techniky
 - ▶ Pouze základní dynamická analýza
 - ▶ Simulace komplexního pohybu pro detailnější analýzu
 - ▶ Nízká časová náročnost výpočtu
 - ▶ Základ pro detailní modely
 - ▶ Pro detailní analýzu jednoho segmentu

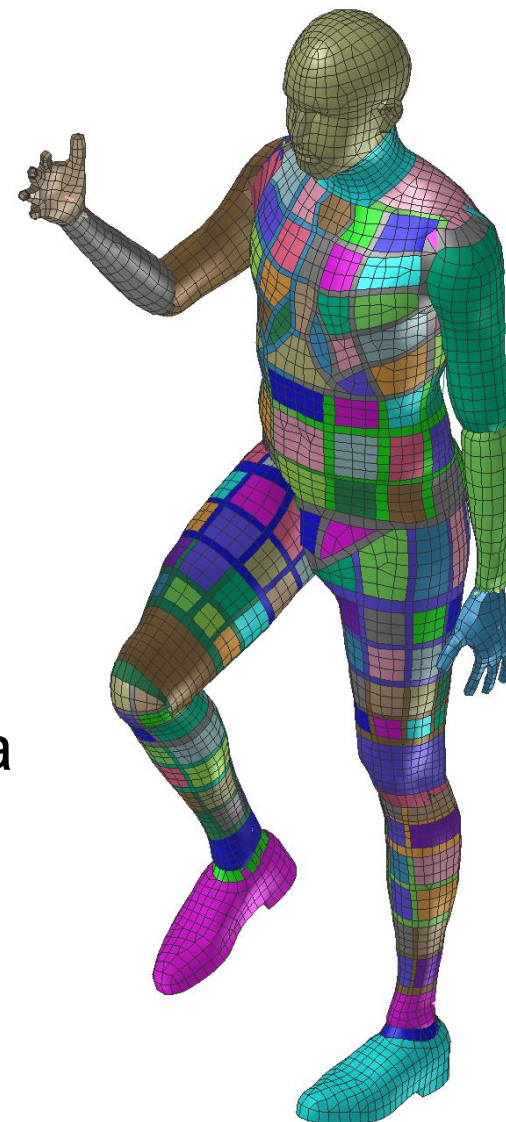


- ▶ *Finite Element* (konečné prvky)
- ▶ Z ohledem na vývoj výpočetní techniky
 - ▶ Detailní modely a detailní analýza
 - ▶ THUMS (*T*oyota *H*uman *M*odel
for Safety – 629.000 uzlů, 1.800.000 prvků)
 - ▶ Poranění vnitřních tkání a zlomeniny

HUMOS2



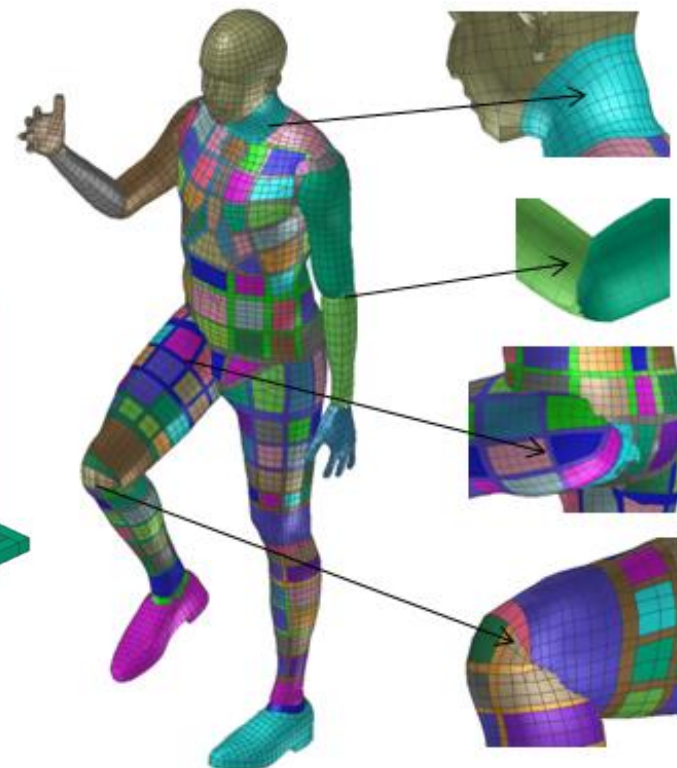
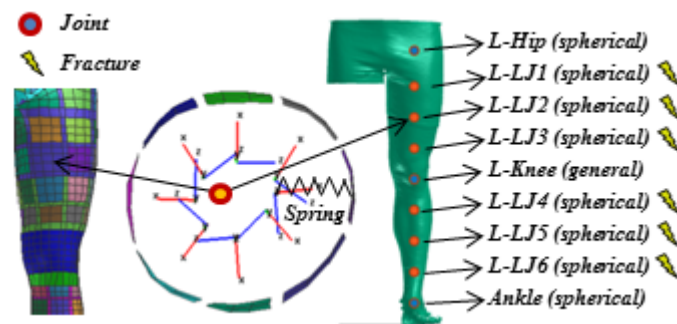
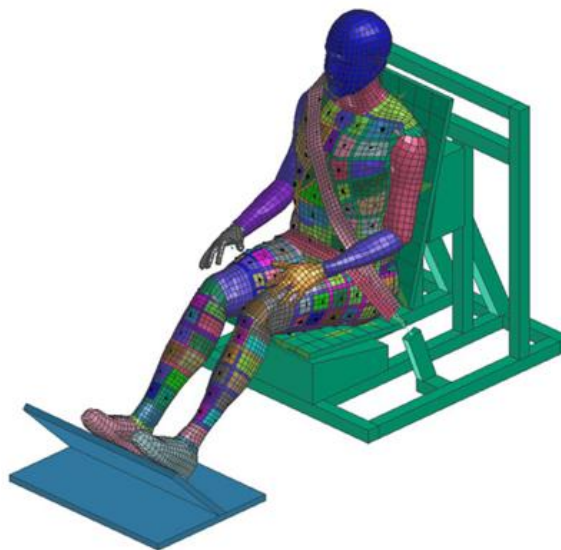
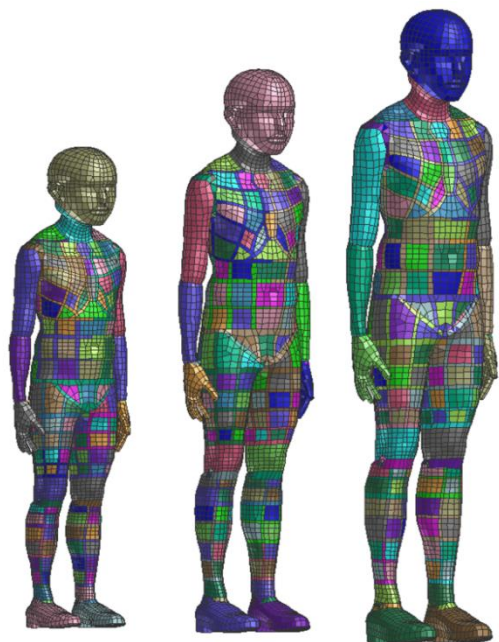
- ▶ Kombinace *ARB* a *FE*
 - ▶ *ARB* = rychlý výpočetní čas
 - ▶ *FE* = detailní analýza
 - ▶ VIRTHUMAN
 - ▶ ARB (MBS) pro modelování kostry
 - ▶ Rychlý výpočet
 - ▶ „Superelementy“ pro poddajnost těla
 - ▶ Analýza poranění



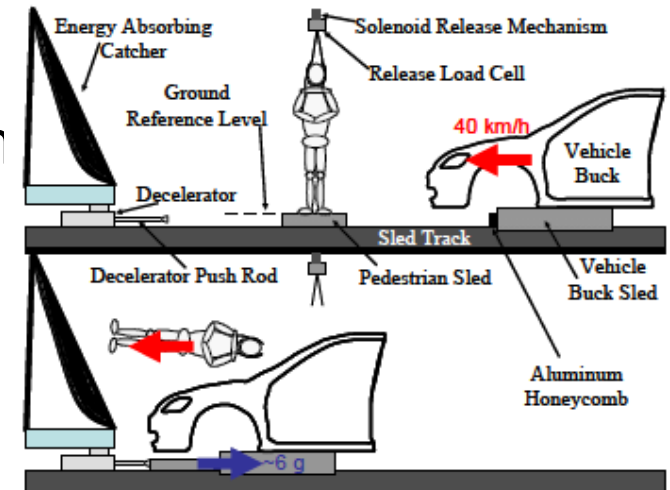
HYBRIDNÍ MODEL

- Kombinace MBS a FEM
- Jednoduché polohování
- Rychlý výpočet
- Snadné škálování

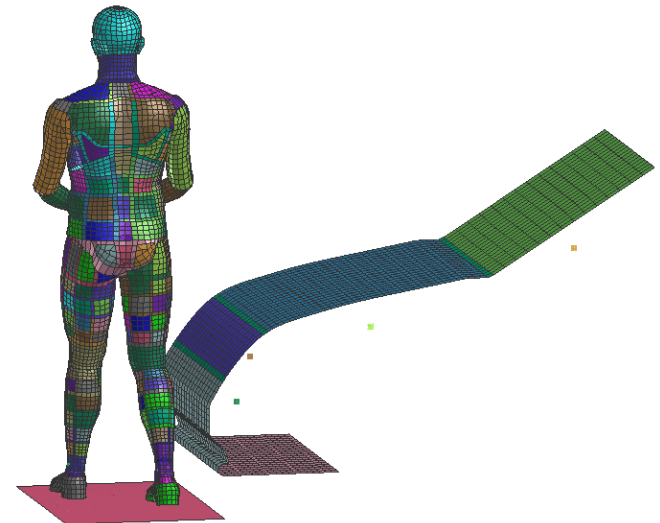
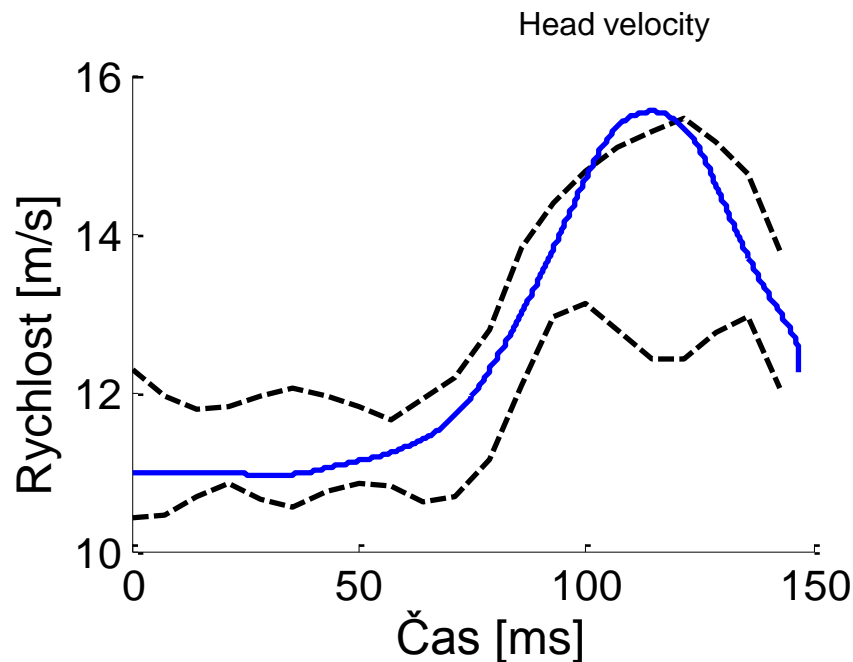
Model VIRTHUMAN



- ▶ Experiment s PMHS a Polar-II
- ▶ Malý sedan, boční náraz ve 40 km/h
- ▶ Rychlost a trajektorie hlavy, trajektorie T1, T8, pánev a WAD

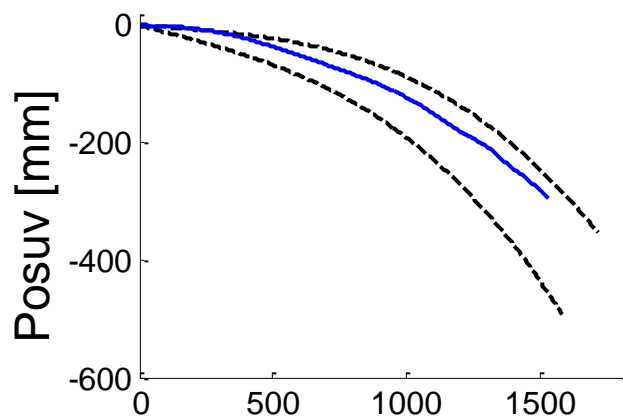


Source: Kerrigan et al., Paper No. 05-0394, 2005

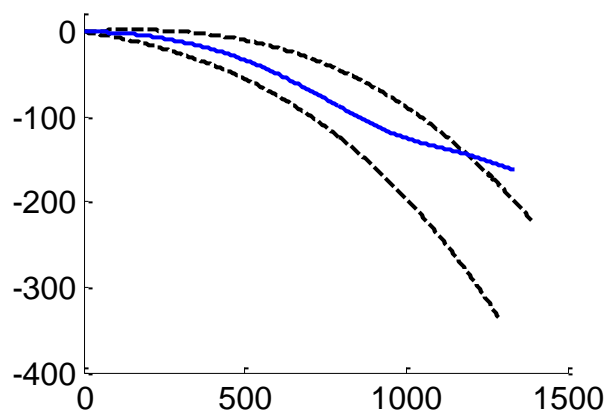


VALIDACE *FULL SCALE* CHODEC

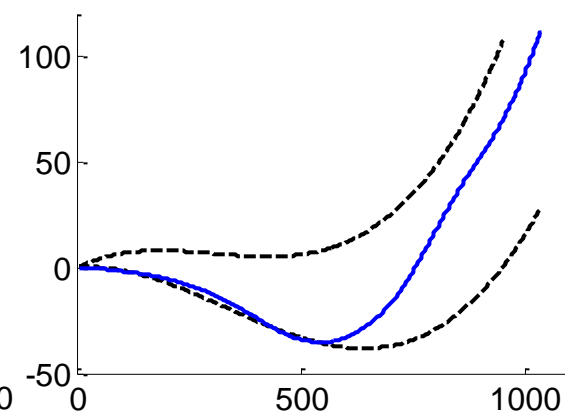
Trajektorie T1



Trajektorie T8



Trajektorie pánve

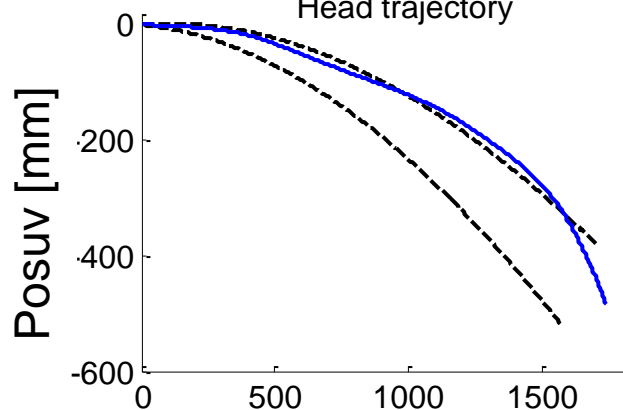


Posuv [mm]

Posuv [mm]

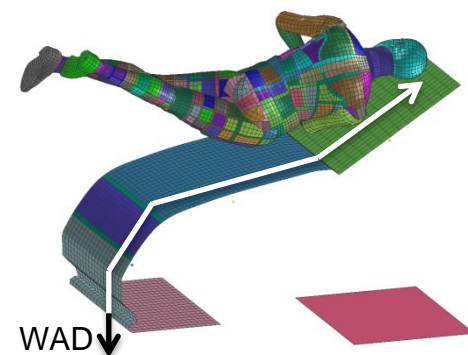
Posuv [mm]

Head trajectory



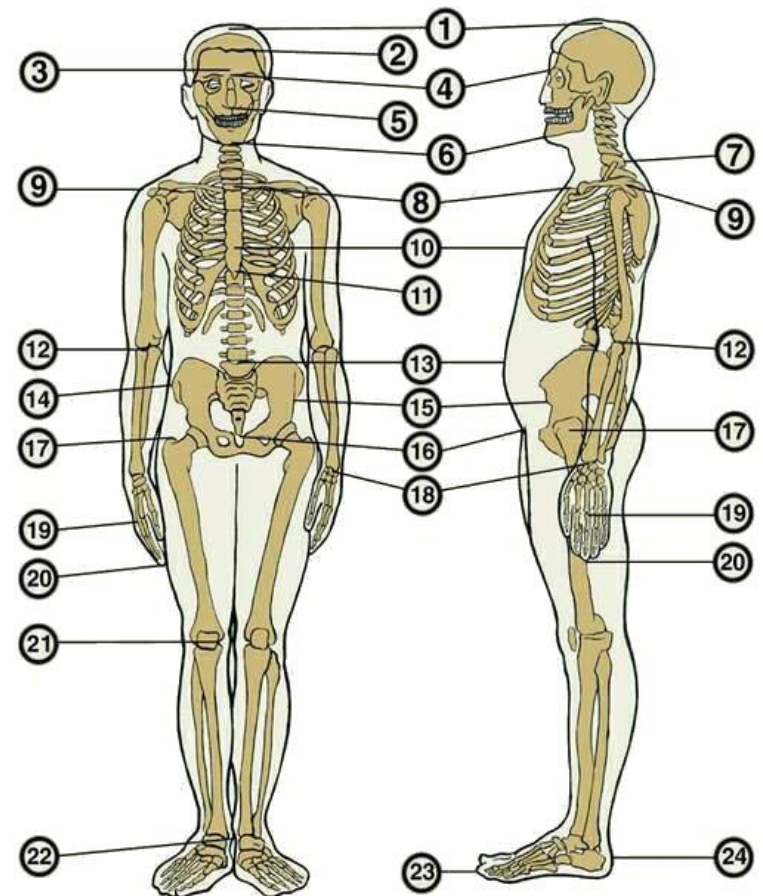
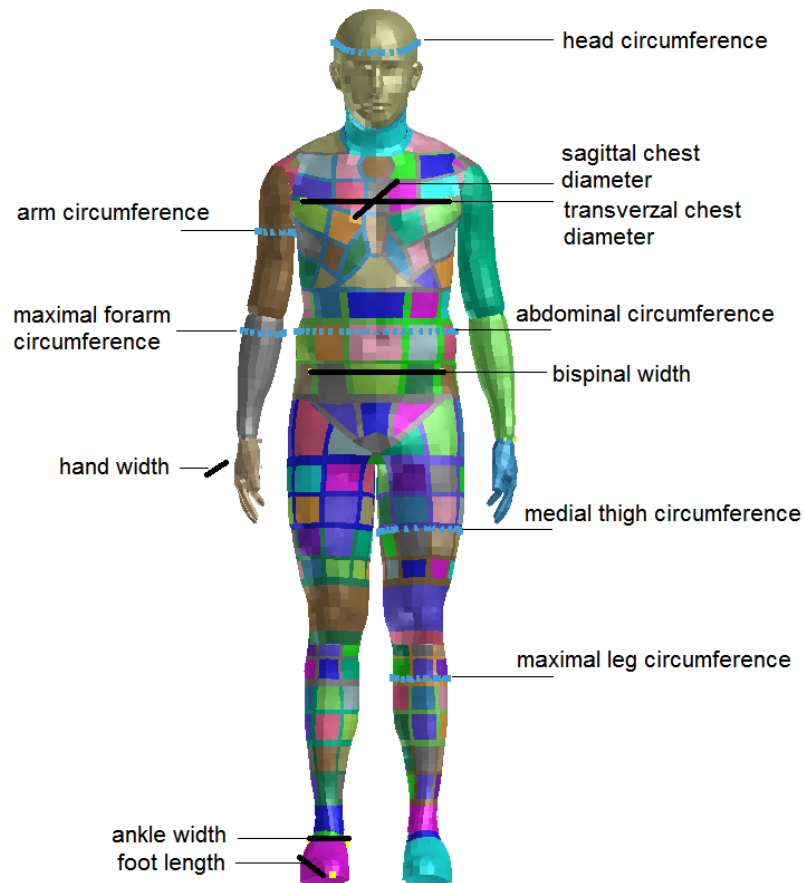
Posuv [mm]

	WAD [mm]	THS [ms]
PMHS	2310*	145*
VH	2295	147
Polar-II	1947*	128*



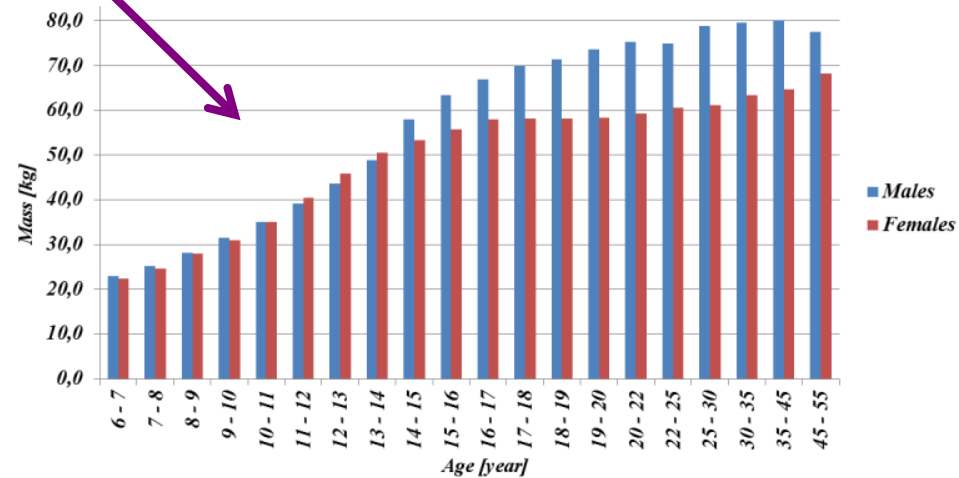
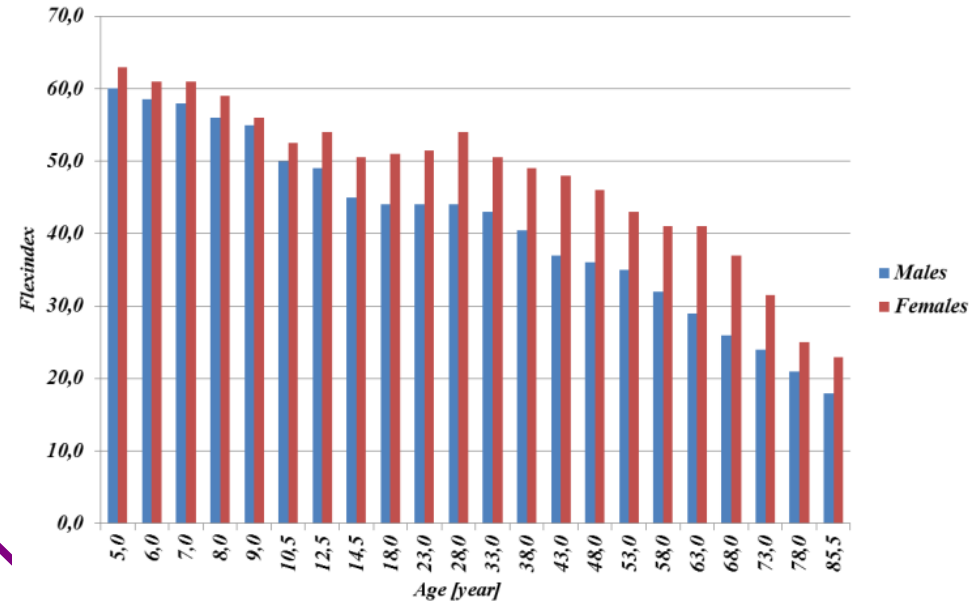
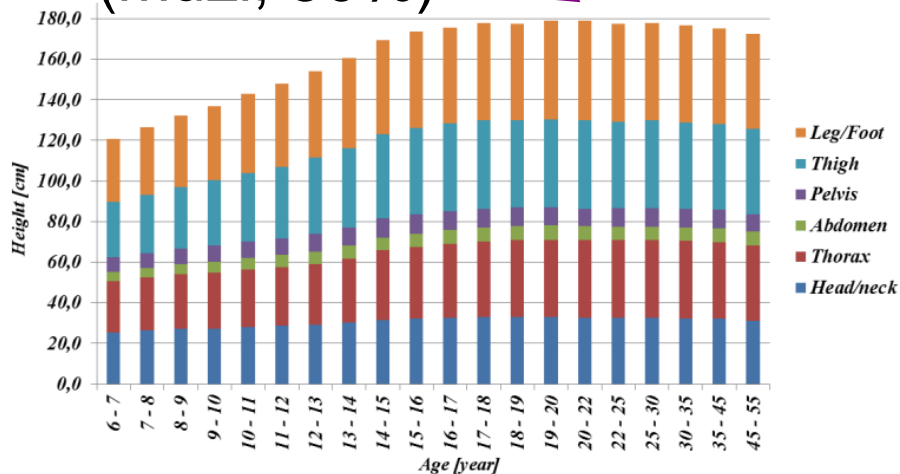
* Průměrné hodnoty (Kerrigan a spol.)

- Biologická rozmanitost lidského těla
- Definice antropometrickými body



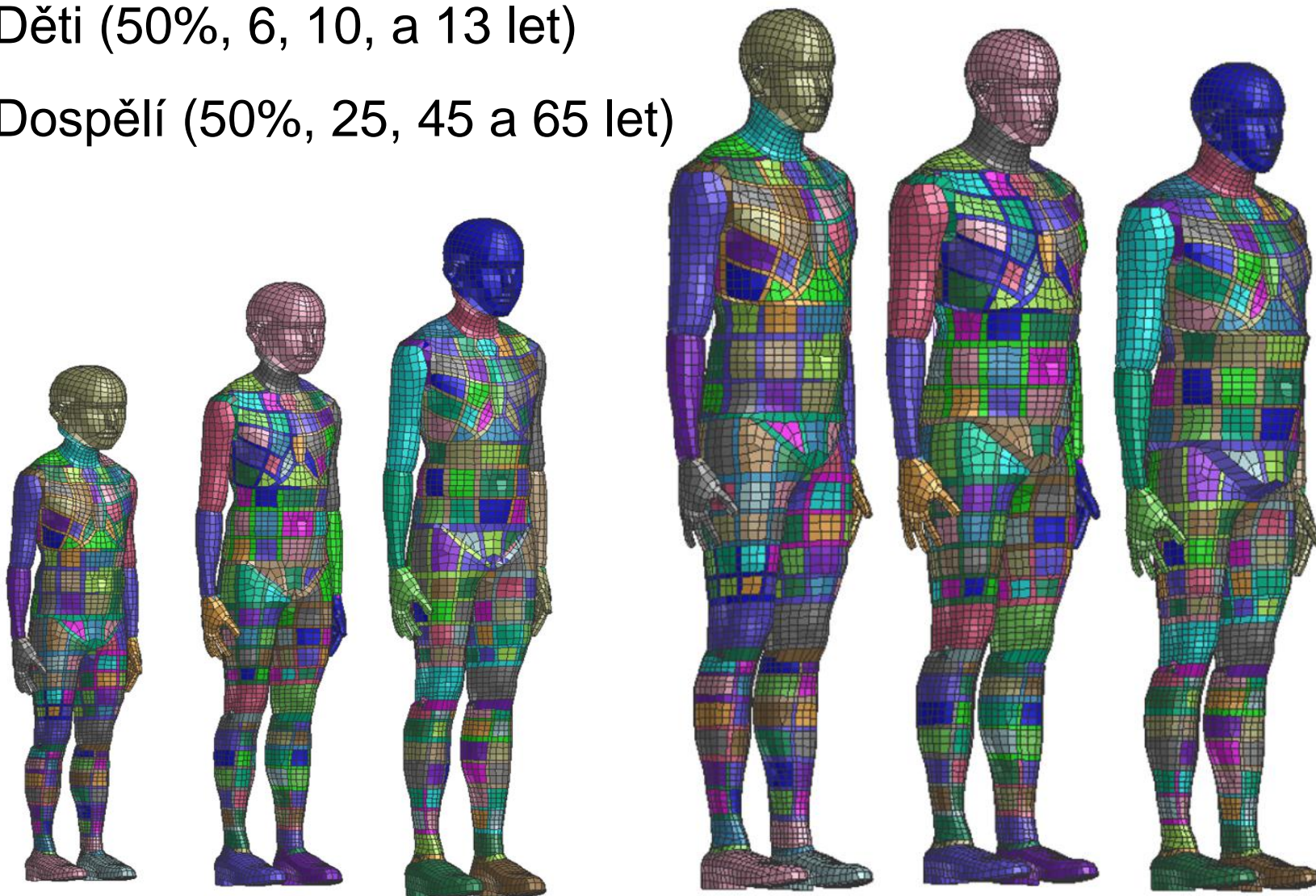
ANTROPOMETRICKÁ DATA

- ▶ Ohebnost těla závislá na věku
- ▶ Hmotnost závislá na věku (50%)
- ▶ Výška závislá na věku (muži, 50%)



ŠKÁLOVANÉ MODELY

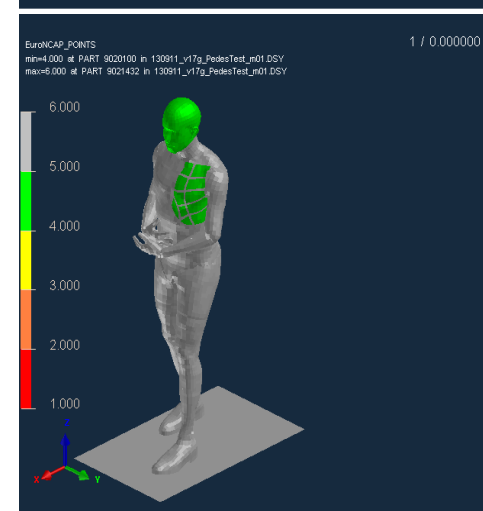
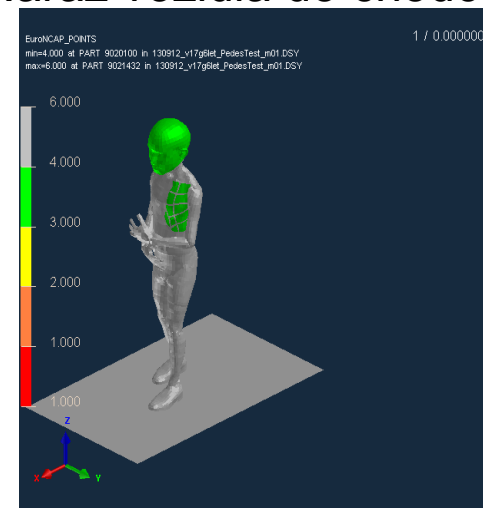
- ▶ Děti (50%, 6, 10, a 13 let)
- ▶ Dospělí (50%, 25, 45 a 65 let)



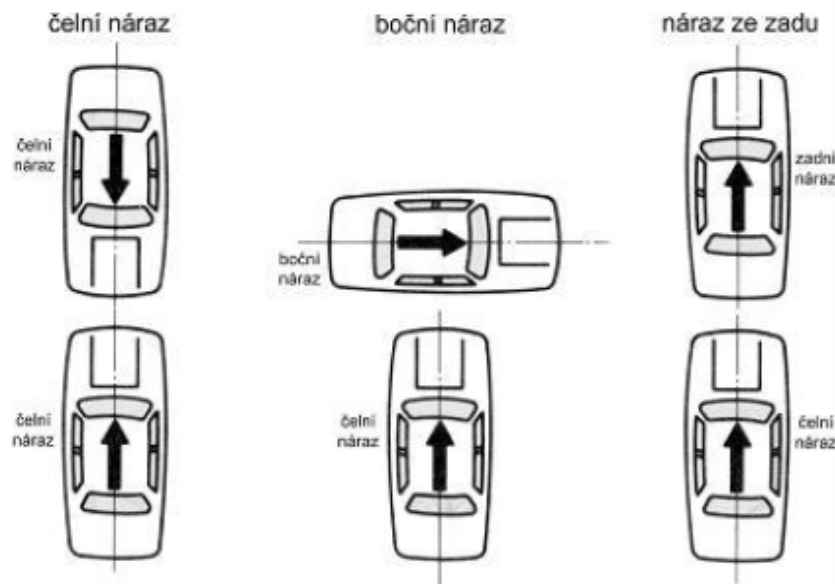
- Nástroj pro rekonstrukci nehod
- Automatické vyhodnocení
- Obarvování na základě stupnice IIHS
- Zelená, žlutá, oranžová, červená

		Criterion	6Y Injury Criteria				
Head	HIC36		Criterion	20Y Injury Criteria			
Neck	Lower neck MY [Nm]	Head	HIC36	<	<	>=	>=
	Lower neck TENSION [kN]	Neck	Lower neck MY [Nm]	650	825	825	1000
	Lower neck SHEAR [kN]		42	49,5	49,5	57	
Front DEFLECTION [mm]	Thorax		Lower neck TENSION [kN]	2,7	3	3	3,3
Front VC [m/s]		Lower neck SHEAR [kN]	1,9	2,5	2,5	3,1	
Side DEFLECTION [mm]		Front DEFLECTION [mm]	22	36	36	50	
Side VC [m/s]		Front VC [m/s]	0,5	0,75	0,75	1	
Abdomen	Compression FORCE [kN]	Thorax	Side DEFLECTION [mm]	22	32	32	42
Pelvis	Pubic FORCE [kN]		Side VC [m/s]	0,5	0,75	0,75	1
	Femur compression FORCE [kN]		Abdomen	Compression FORCE [kN]	1	1,75	1,75
Legs	Femur MOMENT [Nm]	Pelvis	Pubic FORCE [kN]	3	4,5	4,5	6
	Tibia compression FORCE [kN]	Legs	Femur compression FORCE [kN]	3,8	6,435	6,435	9,07
	Tibia MOMENT [Nm]		Femur MOMENT [Nm]	200	240	240	280
			Tibia compression FORCE [kN]	2	5	5	8
			Tibia MOMENT [Nm]	200	240	240	280

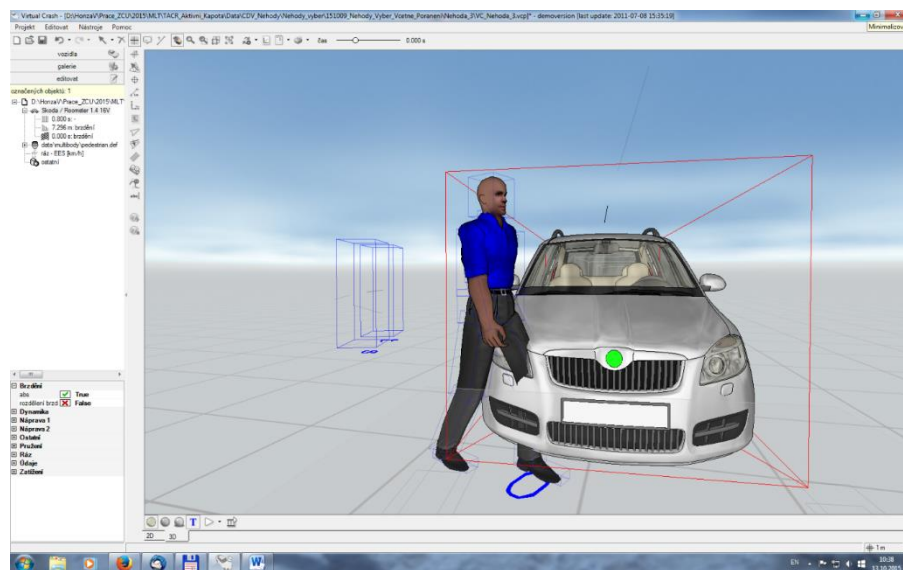
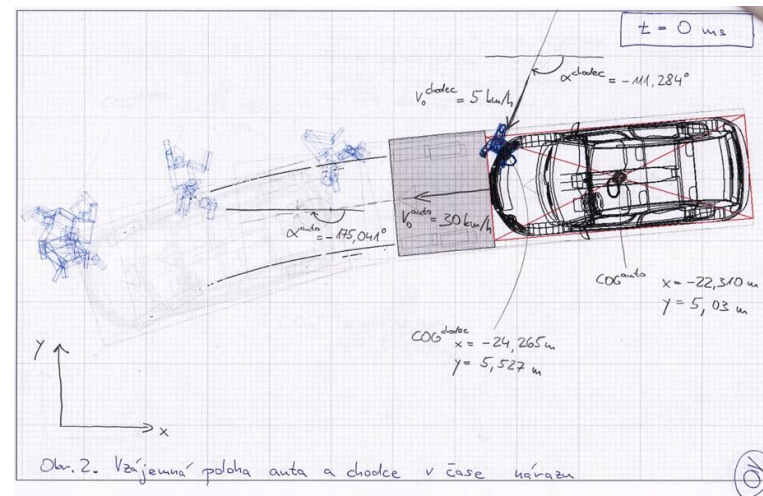
Náraz vozidla do chodce



- ▶ Experimentální testování
 - ▶ Certifikace vozidel
 - ▶ Omezené možnosti
- ▶ Virtuální prototyping
 - ▶ Moderní metoda vývoje
 - ▶ Výrobek se vyzkouší virtuálně, různé varianty
- ▶ Virtuální testování – „všechny“ případy
- ▶ Legislativa – průmyslové demonstrátory (validované výsledky simulací ukazující na možnosti virtuálního testování jako vývojového prostředku)



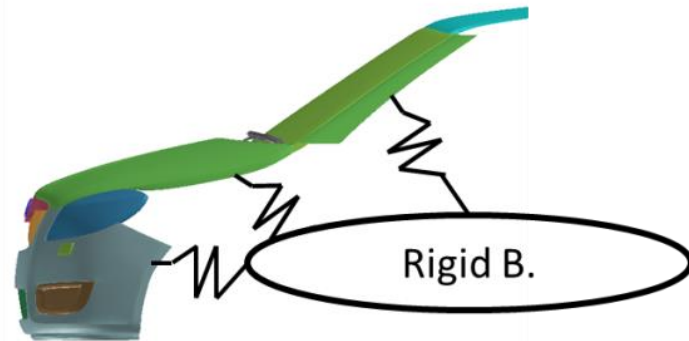
- ▶ Reálná dopravní nehoda
- ▶ Vozidlo
 - ▶ Škoda Roomster, 30 km/h
- ▶ Chodec
 - ▶ Žena 65 let, 167 cm, 70 kg, 5 km/h



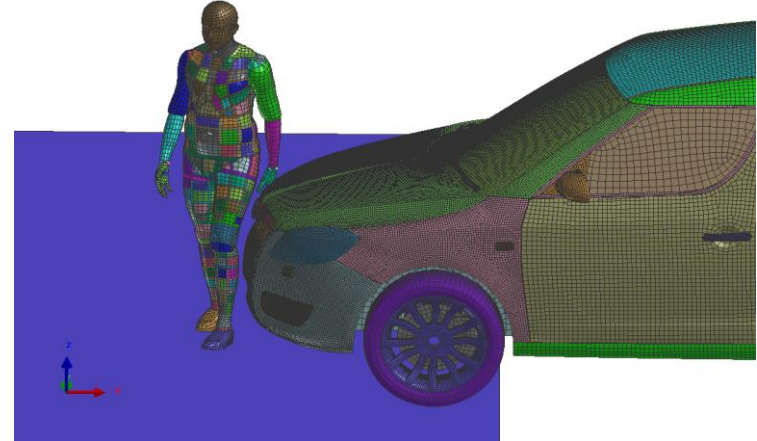
Active Sub-Model : roomster_at0_R345_p002_m00.p



► Varianty „tuhé“, MBS a FE

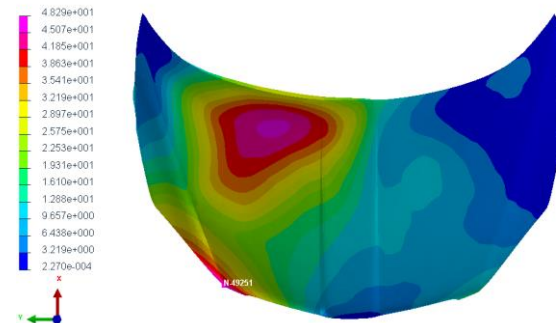


Active Sub-Model : roomstar_a18_R345_p012_m00.pc



roomstar_a18_R345_p012_m00
NODE : intrusion1
Min = 0.00026955 at Node 182194
Max = 45.2061 at Node 40251

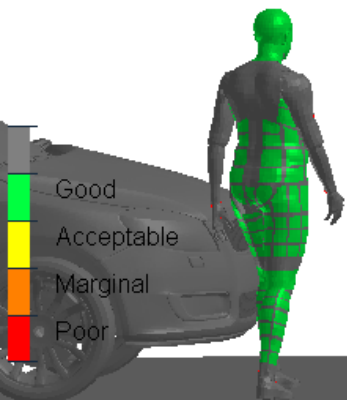
20 / 190.000488



NEHODOVÝ DĚJ

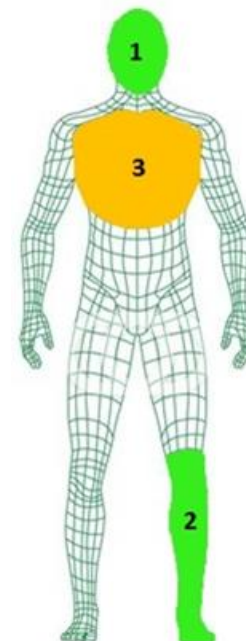


L1:151105_FEMroomster_a18_R345_p012_m00.DSY(A) L2:y_380Wehoda_RoomsterMBS_Chodec.DSY(A) L3:y_380_bracket_jointsWehoda_RoomsterMBS_Chodec.DSY(A)



- ▶ Zhmoždění hlavy, tržně zhmožděná rána hlavy (AIS = 1)
- ▶ Zlomenina lopatky vlevo, zlomenina 3. - 8. žebra vlevo, abruptce výběžku 1. bederního obratle (AIS = 3)
- ▶ Zlomenina levého hlezna, zlomenina zánártní kůstky levé nohy, kontuze a oděrka levého kolene (AIS = 2)
- ▶ **Celkem tíže poranění ISS = 14**

Model	Hlava	Krk	Hrudník	Břicho	Pánev	Femur L.	Koleno L.	Tibia L.	F. P.	K. P.	T. P.
Zpráva	HIC = 300 (AIS = 1)		Lopatka, žebra, bederní obratel			Hlezno, koleno, zánártní kůstka (AIS = 2)					
Rigid	4 196										
MBS	1 402										
FE	235										



DĚKUJI ZA POZORNOST



Luděk Hynčík

e-mail: hyncik@ntc.zcu.cz

Nové technologie – výzkumné centrum

Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň

URL: <http://ntc.zcu.cz>