

iCRASH'24

Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD

Symulacje MES, Uczenie Maszynowe

Algorytmy Optymalizacyjne, Modele Ciała Człowieka

Dawid Bruski, Łukasz Pachocki, Mikołaj Miśkiewicz,

Krzysztof Wilde, Wojciech Witkowski

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska



Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD

Projekty badawcze

1. RID 3A „Urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego”, kier. prof. Krzysztof Wilde
2. RID 3B „Wpływ czasu i warunków eksploatacyjnych na trwałość i funkcjonalność elementów bezpieczeństwa ruchu drogowego”, kier. prof. Kazimierz Jamroz
3. Projekt „Research on hazards in SUV collisions with road safety barriers”, kier. dr Dawid Bruski
4. OPUS 19 „Modelowanie uszkodzeń odcinka szyjnego kręgosłupa ludzkiego w trakcie zderzenia pojazdu z barierą drogową”, kier. prof. Krzysztof Wilde
5. Argentum „Methods for speed estimation of a vehicle at impact with a road safety barrier”, kier. dr Dawid Bruski
6. Argentum „Development of anisotropic, visco-hyperelastic constitutive law for modeling spinal dura mater of humans”, kier. dr Łukasz Pachocki

Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD

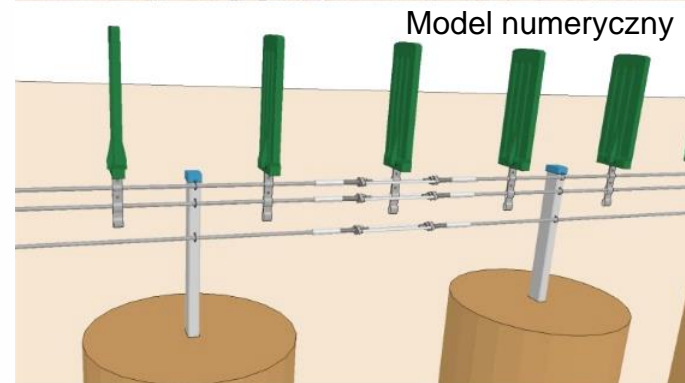
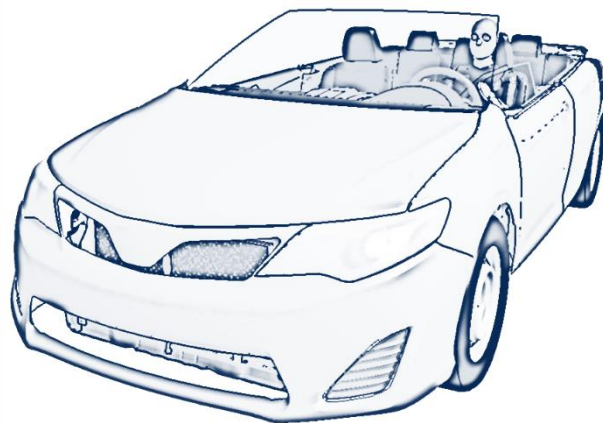
Symulacje MES

Modele Ciała człowieka

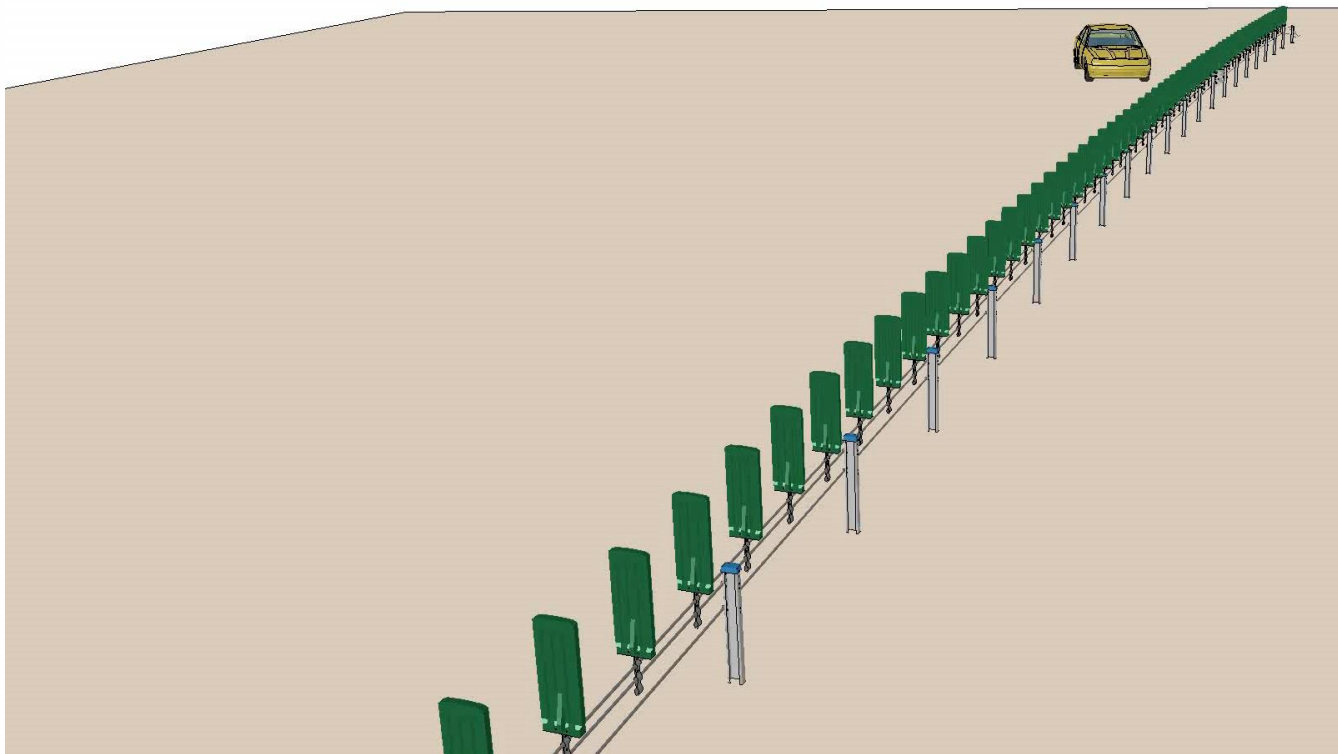
Uczenie Maszynowe

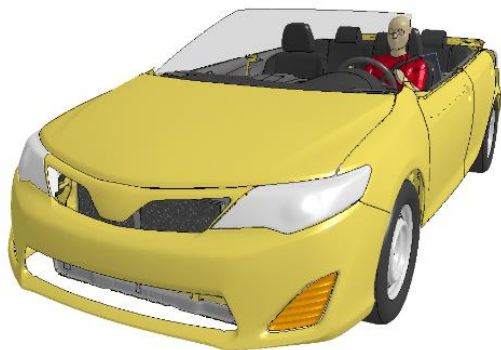
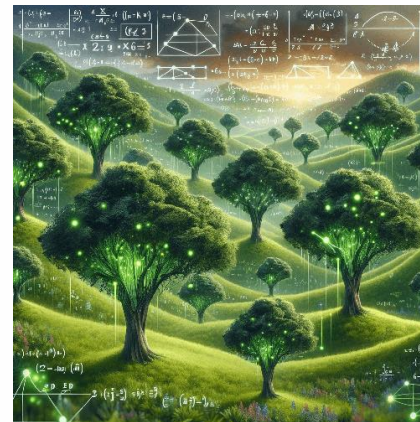
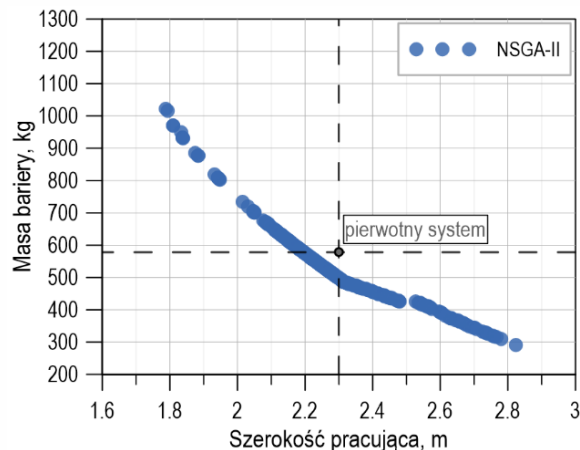
Optymalizacja

Podsumowanie



Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Symulacje numeryczne**



Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Symulacje numeryczne****Symulacje numeryczne****Modele Ciała Człowieka****Uczenie maszynowe****Optymalizacja**

Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Modele Ciała Człowieka**

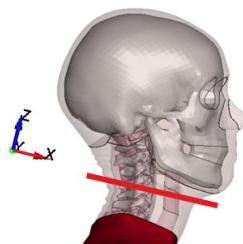
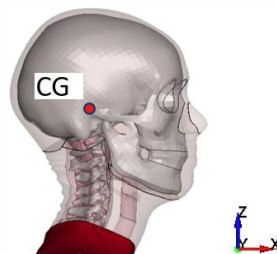
Bezpieczeństwo człowieka (EN1317 & FMVSS208)

$$ASI(t) = \sqrt{\left(\frac{\bar{A}_x}{\hat{a}_x}\right)^2 + \left(\frac{\bar{A}_y}{\hat{a}_y}\right)^2 + \left(\frac{\bar{A}_z}{\hat{a}_z}\right)^2}$$

$$THIV = \sqrt{\dot{x}_b^2(t) + \dot{y}_b^2(t)}$$

$$HIC = \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a_r dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1)$$

$$N_{ij} = \frac{F_i}{F_{i,crit}} + \frac{M_j}{M_{j,crit}}$$



Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: Modele Ciała Człowieka

Bezpieczeństwo człowieka

$$N_{ij} = \frac{F_i}{F_{i,crit}} + \frac{M_j}{M_{j,crit}}$$

$$NDB_{te} = \int_{t_s}^{t_f} N_{te}(t) dt$$

$$NDB_{tf} = \int_{t_s}^{t_f} N_{tf}(t) dt$$

$$NDB_{ce} = \int_{t_s}^{t_f} N_{ce}(t) dt$$

$$NDB_{cf} = \int_{t_s}^{t_f} N_{cf}(t) dt$$

$$RNDB_{te} = NDB_{te}/NDB_{ij}$$

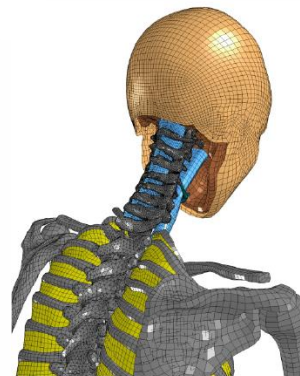
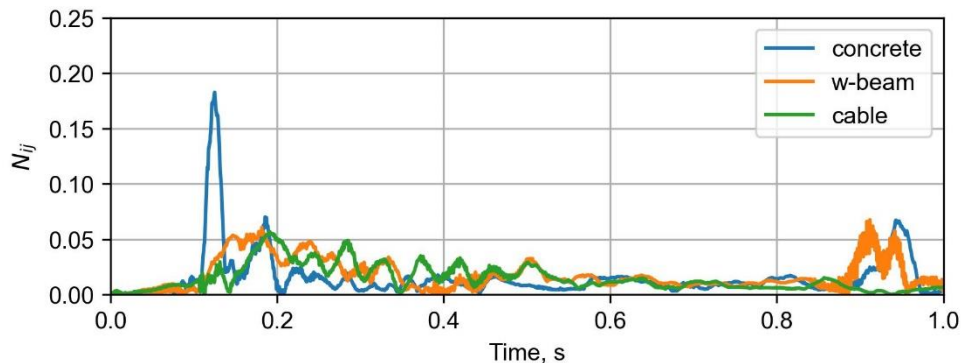
$$RNDB_{tf} = NDB_{tf}/NDB_{ij}$$

$$RNDB_{ce} = NDB_{ce}/NDB_{ij}$$

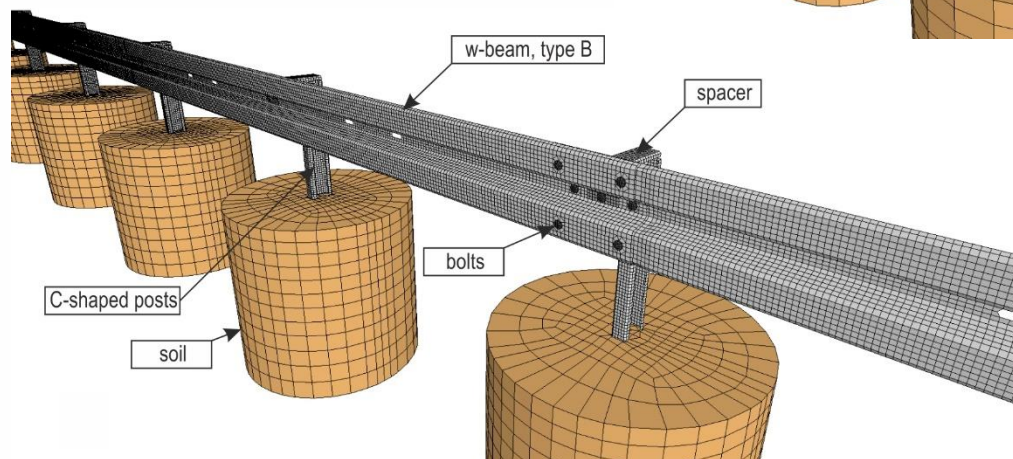
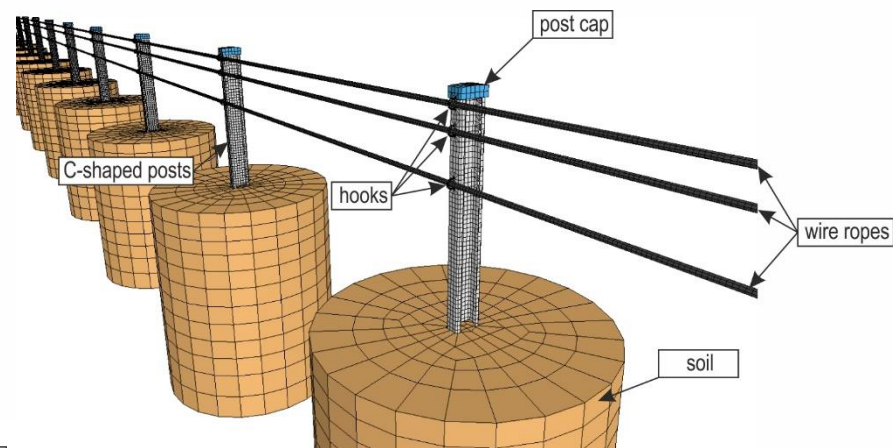
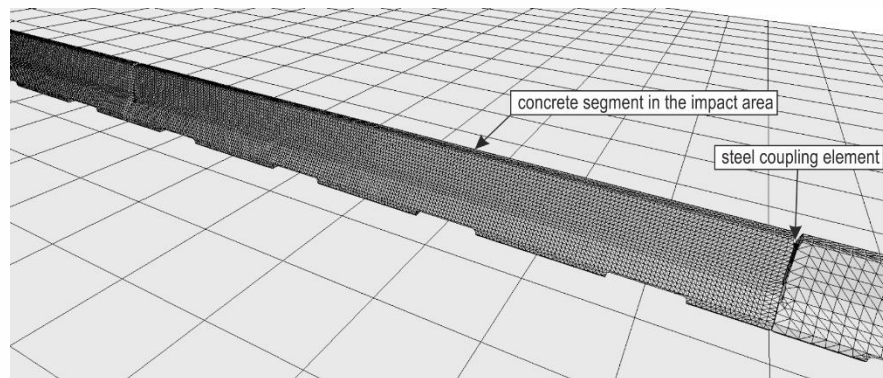
$$RNDB_{cf} = NDB_{cf}/NDB_{ij}$$

$$NDB_{ij} = NDB_{te} + NDB_{tf} + NDB_{ce} + NDB_{cf}$$

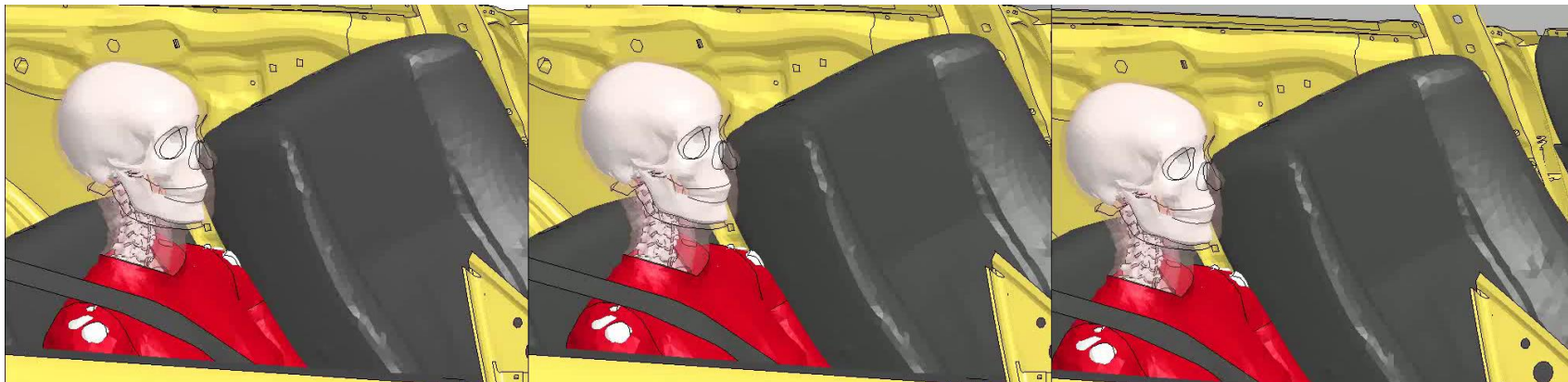
$$RNDB_{te} + RNDB_{tf} + RNDB_{ce} + RNDB_{cf} = 1.0$$



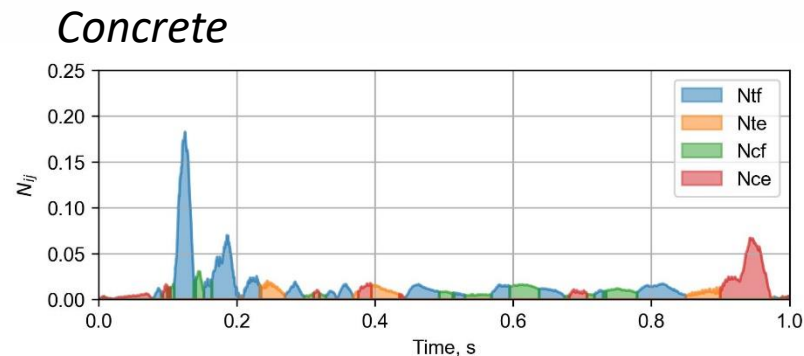
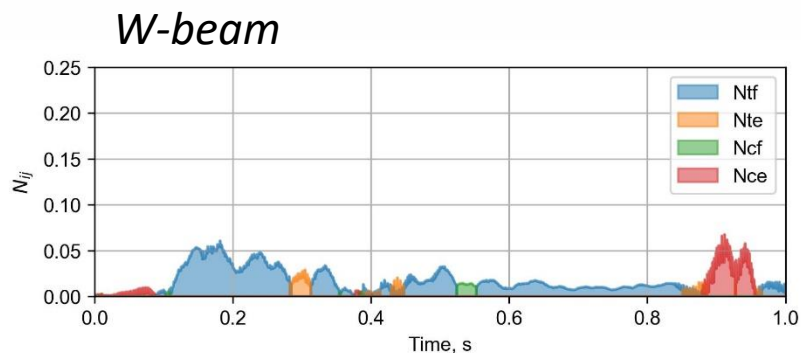
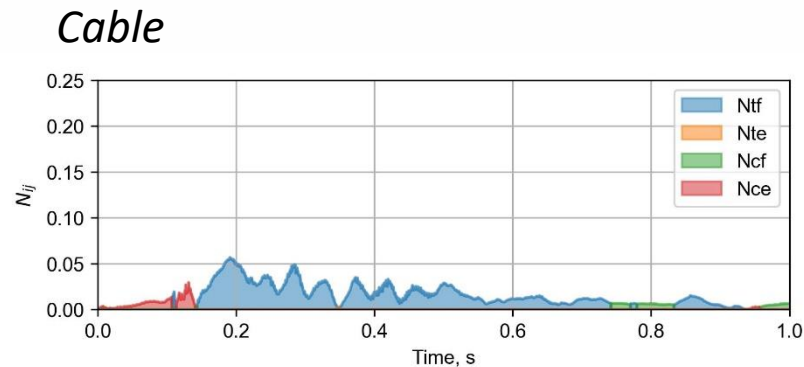
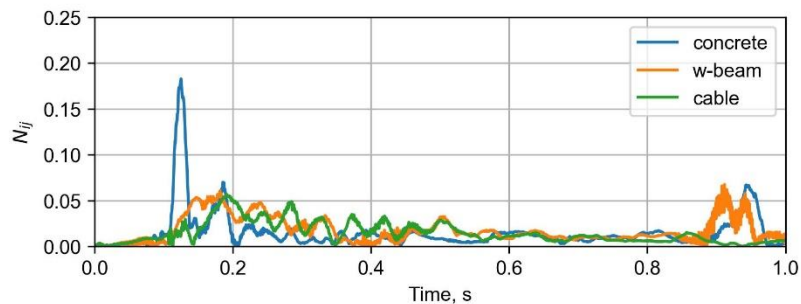
Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Modele Ciała Człowieka**



Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Modele Ciała Człowieka**

*Cable**W-beam**Concrete*

Bariera	HIC ₃₆	N _{ij} , -	Siła rozciągająca, N	Siła ściskająca, N	ASI, -
Betonowa	245	0.183 (tf)	413	96	1.29
Stalowa w-beam	188	0.068 (ce)	100	64	0.55
Linowa	176	0.057 (tf)	108	44	0.44

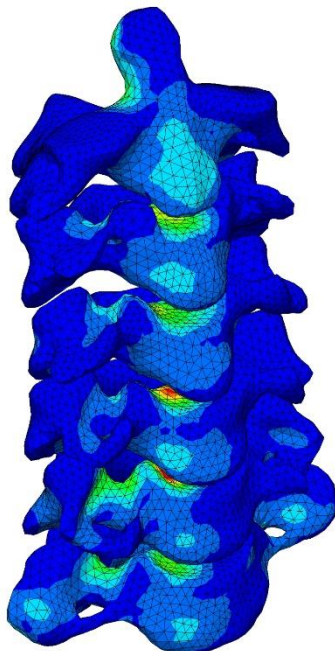
Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Modele Ciała Człowieka**

Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Modele Ciała Człowieka**

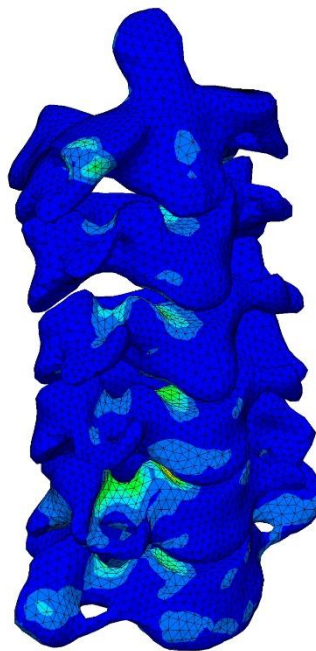
Barrier	Loading condition	NDB	RNDB	Duration, s	Relative duration, %
Concrete	<i>tf</i>	0.0072	0.70	0.284	47
	<i>te</i>	0.0010	0.09	0.087	14
	<i>cf</i>	0.0015	0.15	0.152	25
	<i>ce</i>	0.0006	0.06	0.077	13
	<i>ij</i>	0.0102	1.00	0.600	100
w-beam	<i>tf</i>	0.0119	0.90	0.568	80
	<i>te</i>	0.0007	0.05	0.047	7
	<i>cf</i>	0.0004	0.03	0.044	6
	<i>ce</i>	0.0002	0.02	0.051	7
	<i>ij</i>	0.0133	1.00	0.710	100
Cable	<i>tf</i>	0.0130	0.90	0.714	77
	<i>te</i>	0.0000	0.00	0.006	1
	<i>cf</i>	0.0006	0.04	0.110	11
	<i>ce</i>	0.0009	0.06	0.110	12
	<i>ij</i>	0.0145	1.00	0.930	100

Innowacyjne Podejścia do Badań Urządzeń BRD: **Modele Ciała Człowieka**

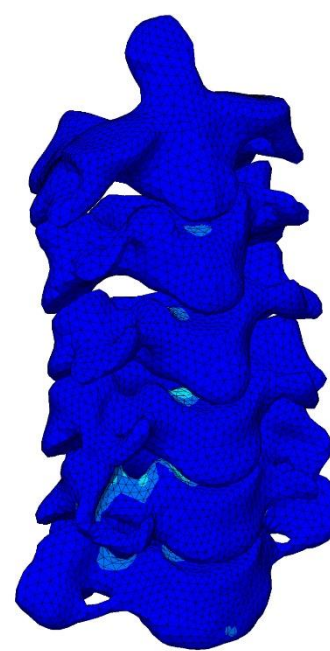
a) concrete barrier



b) w-beam barrier



c) cable barrier

Maximum
Principal Stress

2.000e+00

1.800e+00

1.600e+00

1.400e+00

1.200e+00

1.000e+00

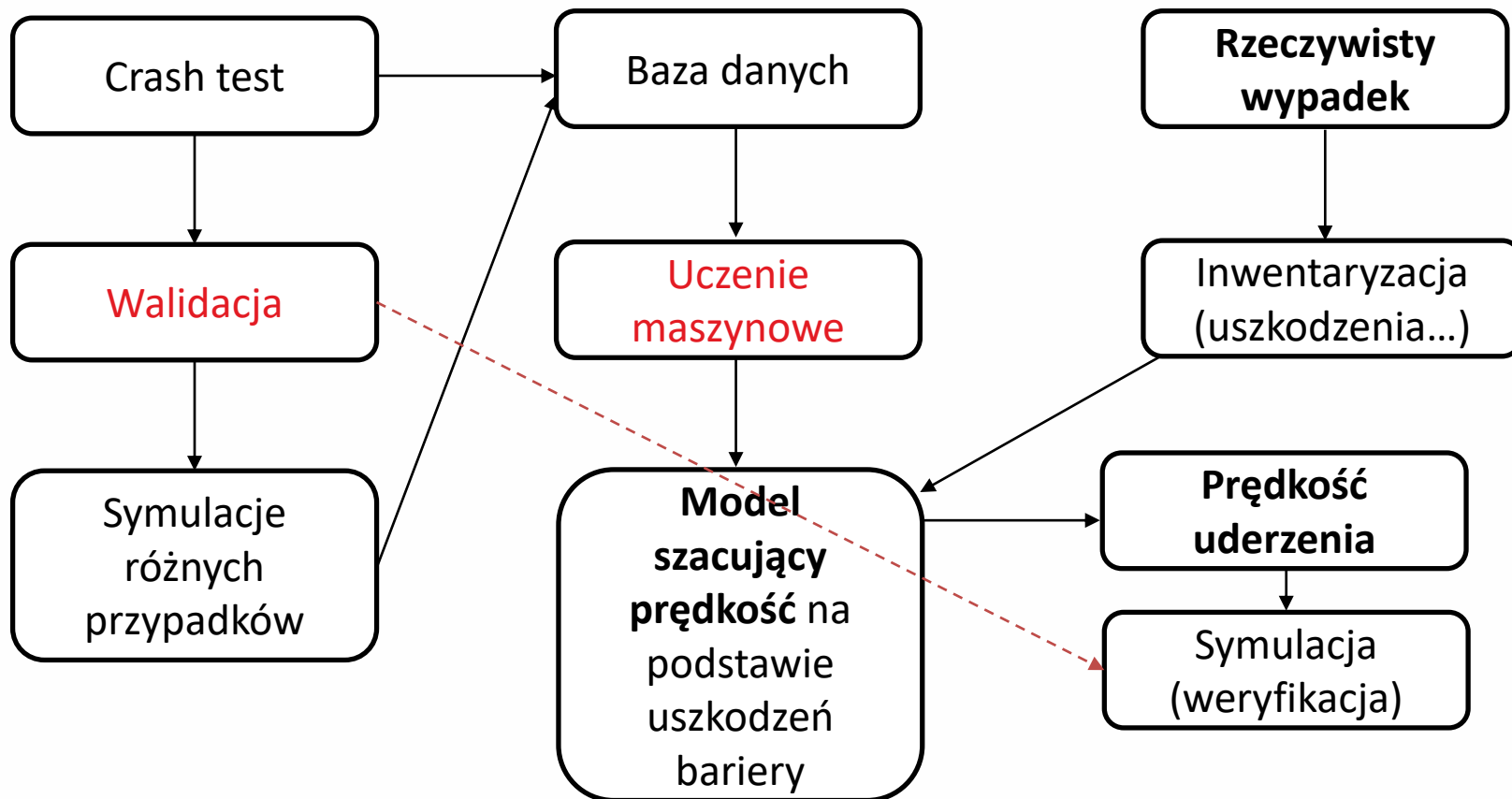
8.000e-01

6.000e-01

4.000e-01

2.000e-01

0.000e+00

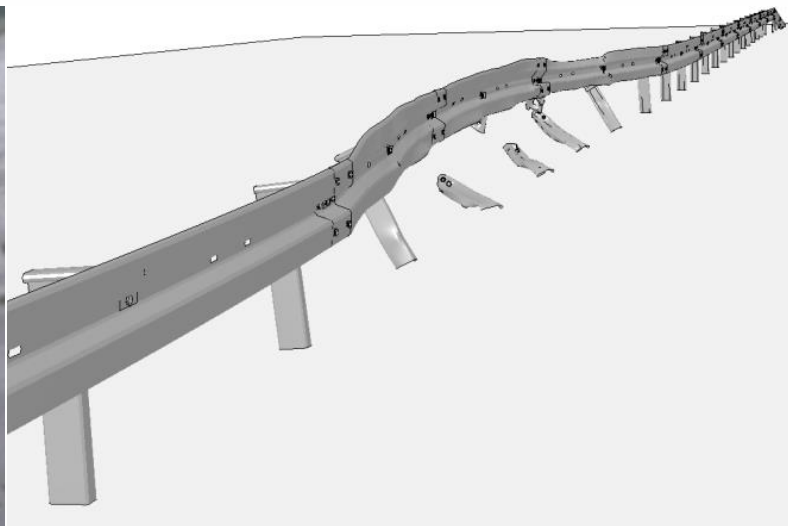


- **Rekonstrukcja wypadku**

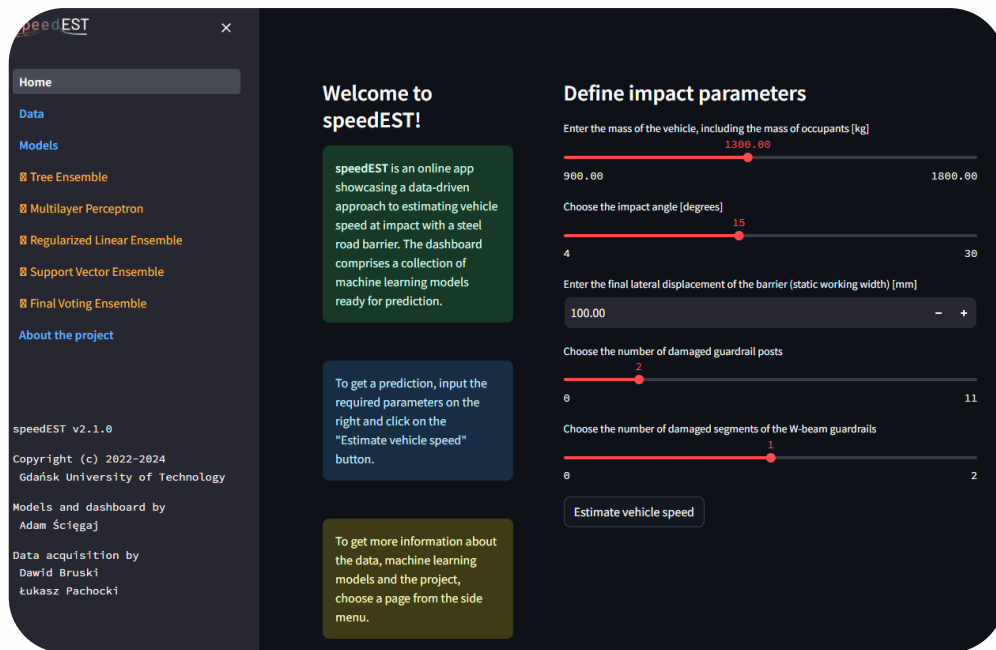
Masa pojazdu 1460 kg

Kąt uderzenia 14 stopni

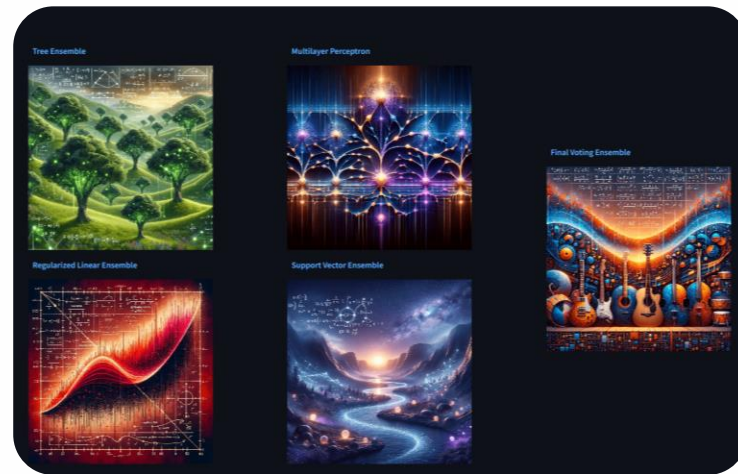
Prędkość uderzenia 155 km/h



- Aplikacja online - www.speedest.pl



The screenshot shows the speedEST web application interface. On the left is a dark sidebar menu with options: Home, Data, Models (Tree Ensemble, Multilayer Perceptron, Regularized Linear Ensemble, Support Vector Ensemble, Final Voting Ensemble), and About the project. The main content area is titled 'Welcome to speedEST!' and contains three informational boxes: a green box explaining the app's purpose, a blue box with instructions on how to use the 'Estimate vehicle speed' button, and a green box with a link to more information. To the right, the 'Define impact parameters' section features four sliders: vehicle mass (set to 1300 kg), impact angle (set to 15 degrees), final lateral displacement (set to 100.00 mm), and number of damaged guardrail posts (set to 2). A 'Final Voting Ensemble' slider is also present, set to 1. An 'Estimate vehicle speed' button is located at the bottom of the parameter section.



Centrum Zaawansowanej Mechaniki Obliczeniowej (CACM)

Email: cacm@pg.edu.plstrona: www.wilis.pg.edu.pl/en/cacm

Zakres działań

Symulacje MES

Analizy parametryczne

Analizy wrażliwości

Optymalizacja urządzeń BRD

Budowa narzędzi

Analiza problemów projektowych

Kompetencje i doświadczenie

1. Wiedza i doświadczenie w stosowaniu metod numerycznych i Metody Elementów Skończonych (MES).
2. Obecność w kraju i w Europie (kilkaset artykułów i wystąpień konferencyjnych na temat symulacji numerycznych i analiz różnych zagadnień inżynierskich).
3. 13 crash testów, 2000+ symulacji MES w ramach kilku projektów badawczych
4. Kilkaset zrealizowanych ekspertyz i badań naukowych.
5. Stosowanie różnorodnych metod związanych z MES, symulacjami numerycznymi, projektowania eksperymentu, metamodelami, sztuczną inteligencją oraz optymalizacją.
6. Wykorzystywanie autorskich programów do pre- i post- processingu napisanych m.in. w językach Python, Fortran, C++, C, Java, Scilab, Matlab.
7. Doświadczenie w przeprowadzaniu symulacji na dużych klastrach obliczeniowych.

Wnioski

1. **Symulacje** numeryczna są użytecznym i **wiarygodnym narzędziem** do badań zachowania urządzeń BRD podczas wypadków.
2. **Uczenie maszynowe** oraz **analiza wrażliwości** są przydatnym narzędziem do analizy, a następnie zwiększania efektywności funkcjonowania urządzeń BRD.
3. Simulation-Based Design Optimization (**SBDO**) jest skuteczną metodologią **optymalizacji** urządzeń BRD.
4. Łączenie symulacji MES, uczenia maszynowego oraz algorytmów optymalizacyjnych pozwala na **kompleksową analizę** funkcjonowania urządzeń BRD oraz upraszcza proces modyfikacji i optymalizacji.



The work was carried out as a part of a joint venture of GDDKiA and NCBR research grants:

- RID 3A (contract number DZP/RID-I-67/13/NCBR/2016),
- RID 3B (contract number DZP/RID-I-64/12/NCBR/2016).

Machine learning models were developed under the IDUB program Argentum, contract number DEC-36/2021/IDUB/I.3.3

Work on these projects has been extended to include biomechanics through NCN funding:

- OPUS19 (contract number 2020/37/B/ST8/03231).

The calculations were carried out on the computers of the IT Center of the Tri-City Academic Computer Network (CI TASK).