



Politechnika
Śląska

WYBRANE ASPEKTY PROJEKTOWANIA BALUSTRAD SZKLANYCH I BARIER ZABEZPIECZAJĄCYCH PRZED WYPADNIĘCIEM

WARSZAWA, 24/06/2020

Dr inż. Marcin Kozłowski
Katedra Inżynierii Budowlanej
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska

DEFINICJA

Bariera – element budowlany przenoszący głównie

poziome obciążenia użytkowe
(np. obciążenie wiatrem, parcie tłumy)

oraz

obciążenia dynamiczne
(np. uderzenie ciałem miękkim lub twardym),

zabezpieczający przed wypadnięciem użytkowników budynków z balkonu, tarasu, spocznika itp.

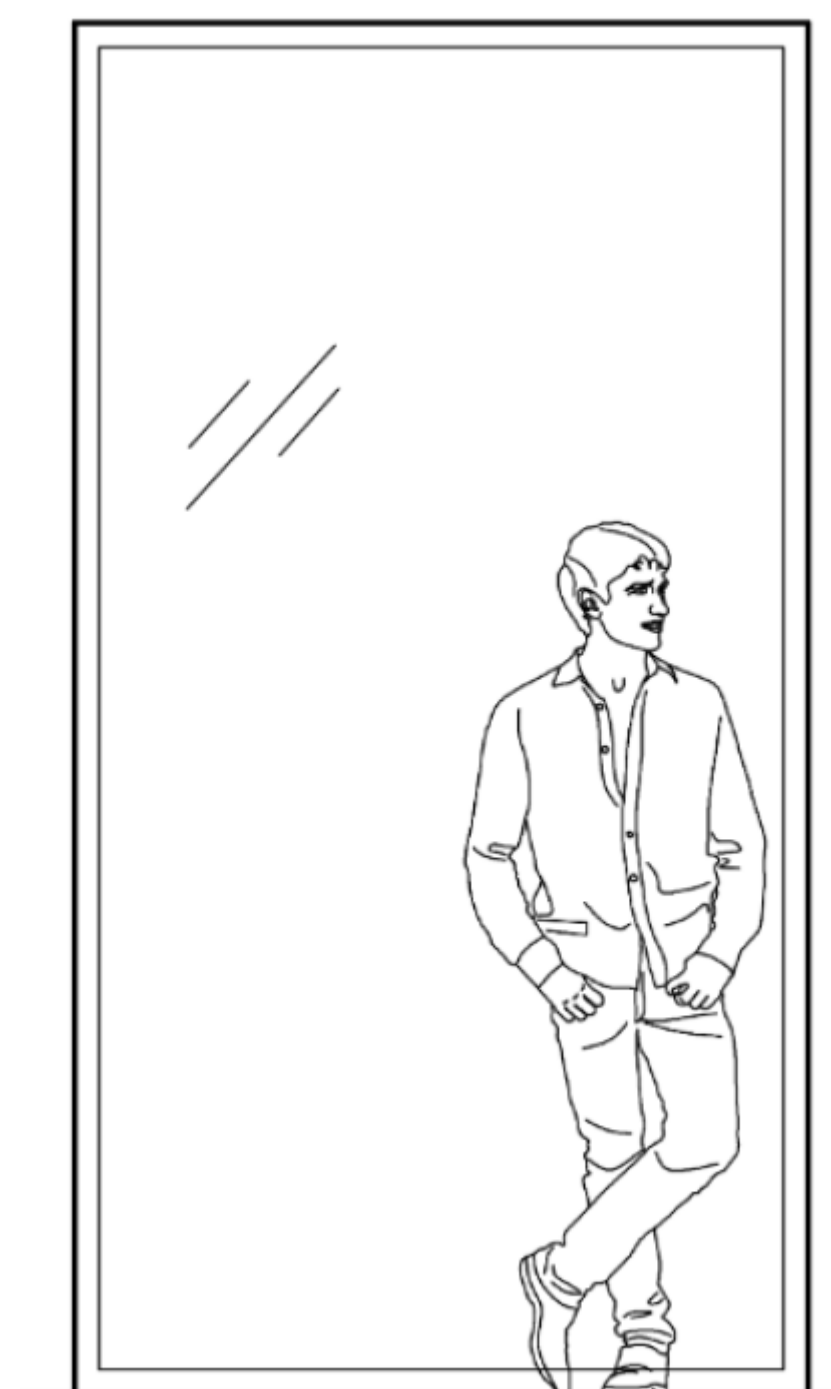


Źródło: <https://www.thesun.co.uk/>

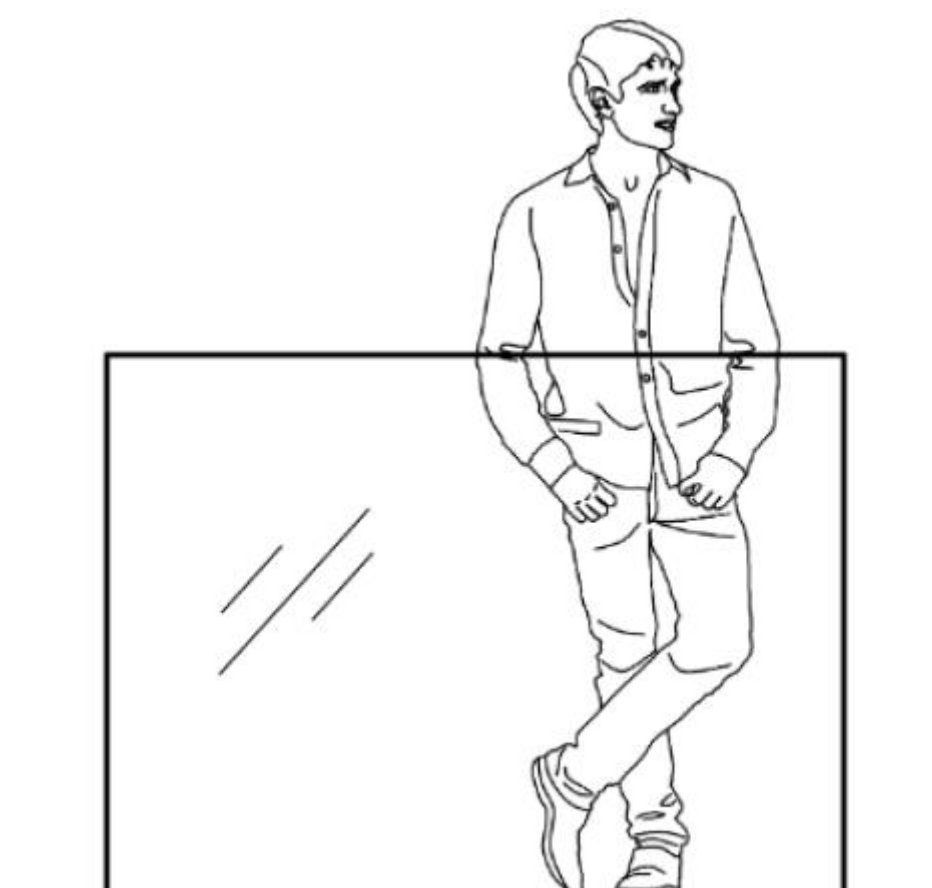


KLASYFIKACJA

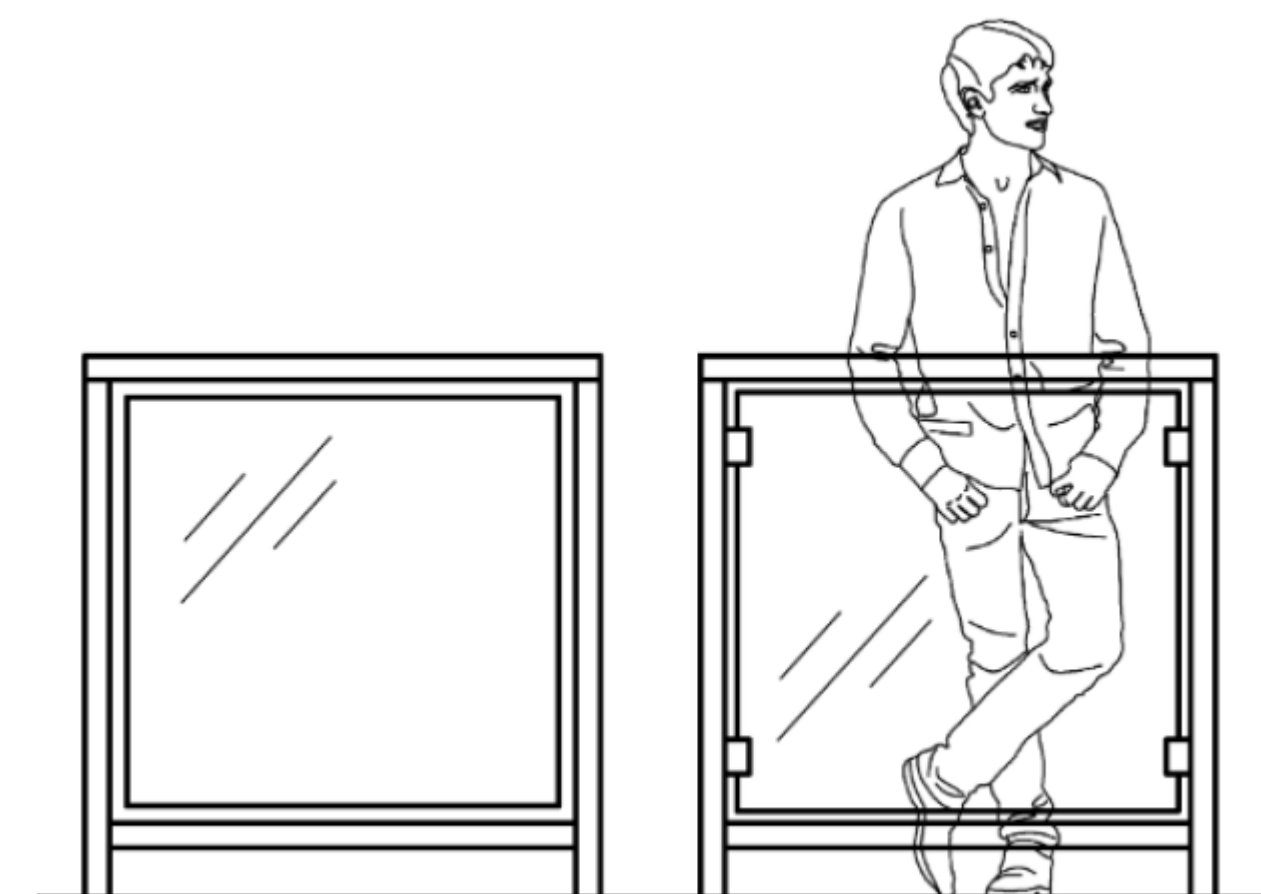
3



KLASA A

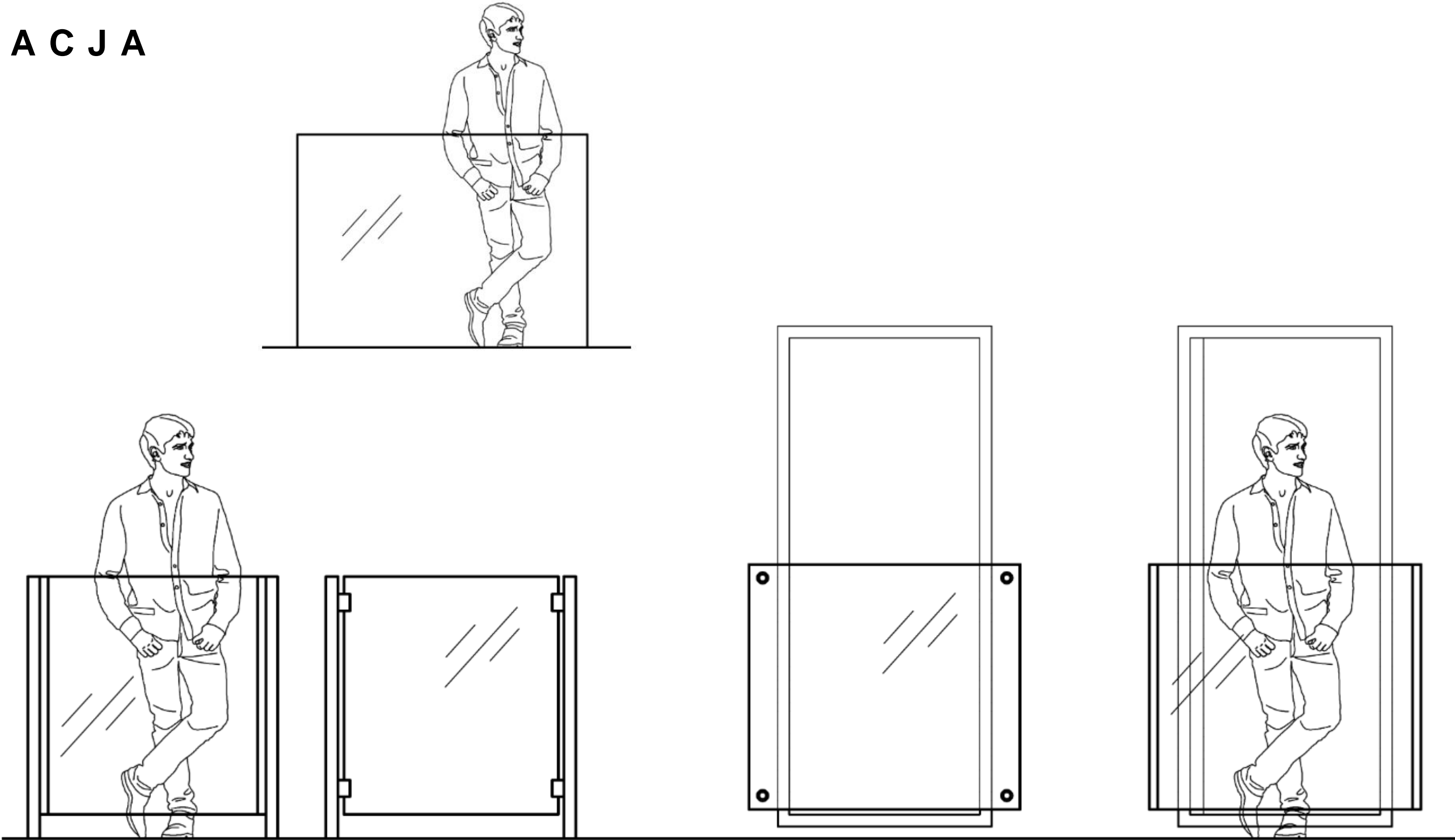


KLASA B



KLASA C

KLASYFIKACJA



KLASA **B** CZY ~~C~~?

W Y M A G A N I A

Wymaganie odnośnie stosowania barier
(różnica poziomów użytkowych):

- Polska (0,5 m)
- Wielka Brytania, Włochy (0,38 m)



Źródło: <https://www.brightonbalustrade.co.uk/>



W Y M A G A N I A

Minimalna wysokość

Rodzaj budynków (przeznaczenie użytkowe)	Minimalna wysokość balustrady, mierzona do wierzchu poręczy [m]
Budynki jednorodzinne i wnętrza mieszkań wielopoziomowych	0,9
Budynki wielorodzinne i zamieszkania zbiorowego, oświaty i wychowania oraz zakładów opieki zdrowotnej	1,1
Inne budynki	1,1

WYMAGANIA

Oddziaływania:

- Obciążenie wiatrem (bariery zewnętrzne, zgodnie ze strefą wiatru, wys. nad poziomem terenu itp.)
- Parcie tłumu
- **Uderzenie człowieka**

Building Occupancy Class	Design Loads		
	Line load in kN/m run applied 1100mm above finished floor level	UDL in kN/m ² applied to the whole of the infill panel below the line load height	Concentrated load in kN applied to any part of the infill panel below the line load height
1	0.36	0.5	0.25
2	0.74	1.0	0.5
3	1.5	1.5	1.5
4	3.0	1.5	1.5

Wartości obciążeń charakterystycznych na poręcze [EN 1991-1-3]

Kategoria użytkowania	[kN /m]
Powierzchnie mieszkalne, biurowe oraz powierzchnie ze stołami	0,2÷1,0 (0,5)
Powierzchnie bez przeszkód utrudniających poruszanie się ludzi	0,8÷1,0 (1,0)
Powierzchnie przewidywane do gromadzenia się tłumy	3,0÷5,0 (3,0)



WYMAGANIA

Dopuszczalne naprężenia:

Action	Load duration	k_{mod}
Wind gusts ^a	5 s (or less)	1,0
Wind storm accumulative	10 min equivalent ^b	0,74
Barrier personnel loads - normal duty	30 s ^c	0,89
Barrier personnel loads - crowds	5 min ^c	0,77
Maintenance loads	30 min	0,69
Snow	3 weeks ^d	0,45
Cavity pressure variations on insulating glass units	8 h ^e	0,58
Dead load, self weight, altitude load on insulating glass units	permanent (50 years)	0,29

Komponent szkła odprężonego



$$f_{g;d} = \frac{k_{mod} k_{sp} f_{g;k}}{\gamma_{M;A}} + \frac{k_v (f_{b;k} - f_{g;k})}{\gamma_{M;v}}$$

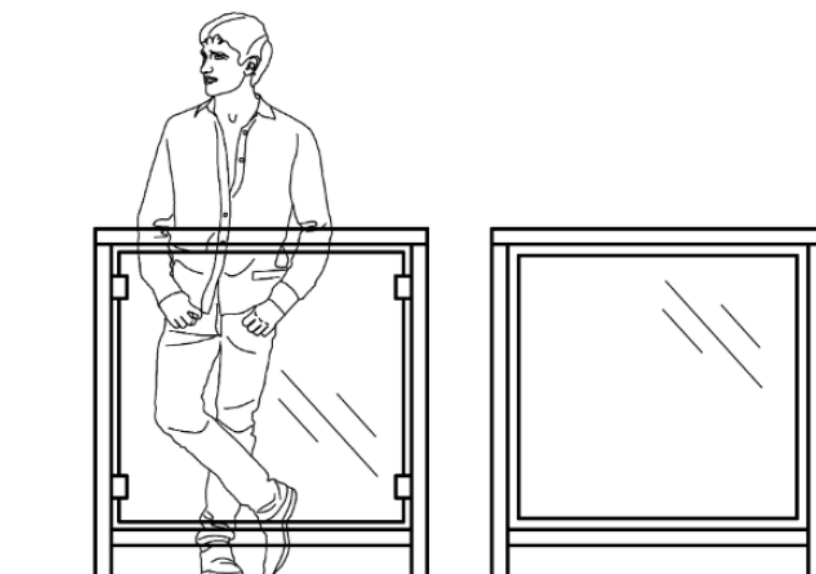
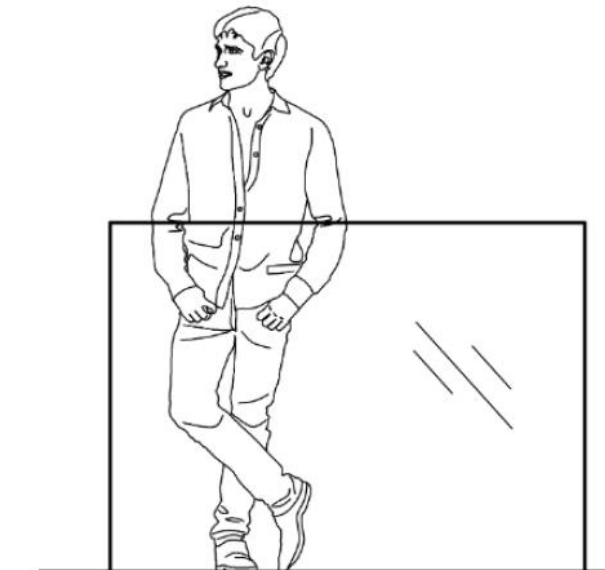
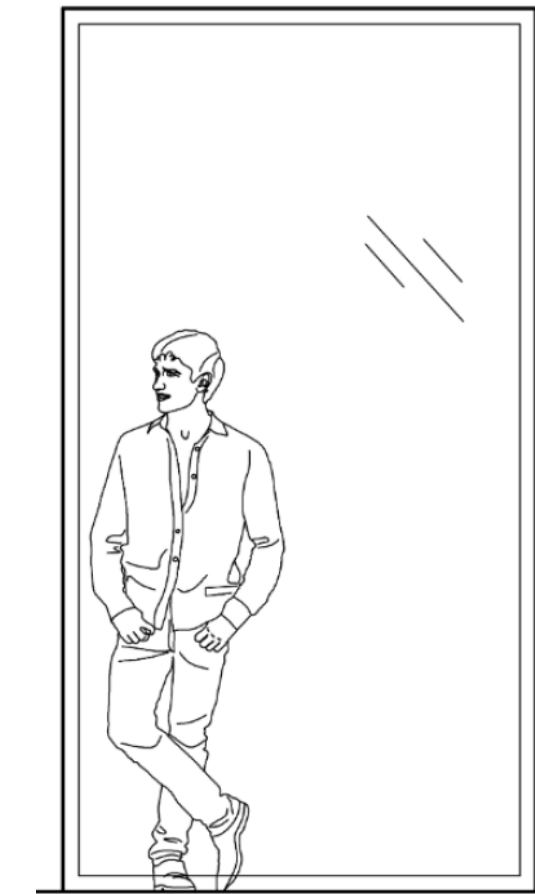


Komponent z naprężeniami wewnętrznymi (ESG lub TVG)

WYMAGANIA

Dopuszczalne ugięcia:

- Klasa A - min. $L/65$ lub 50 mm lub $L/100$ (DIN)
- Klasa B - 25 mm (Włochy 100 mm, Francja 35 mm, Wielka Brytania 25 mm)
- Klasa C – min. $L/65$ lub 50 mm lub $L/100$ (DIN)

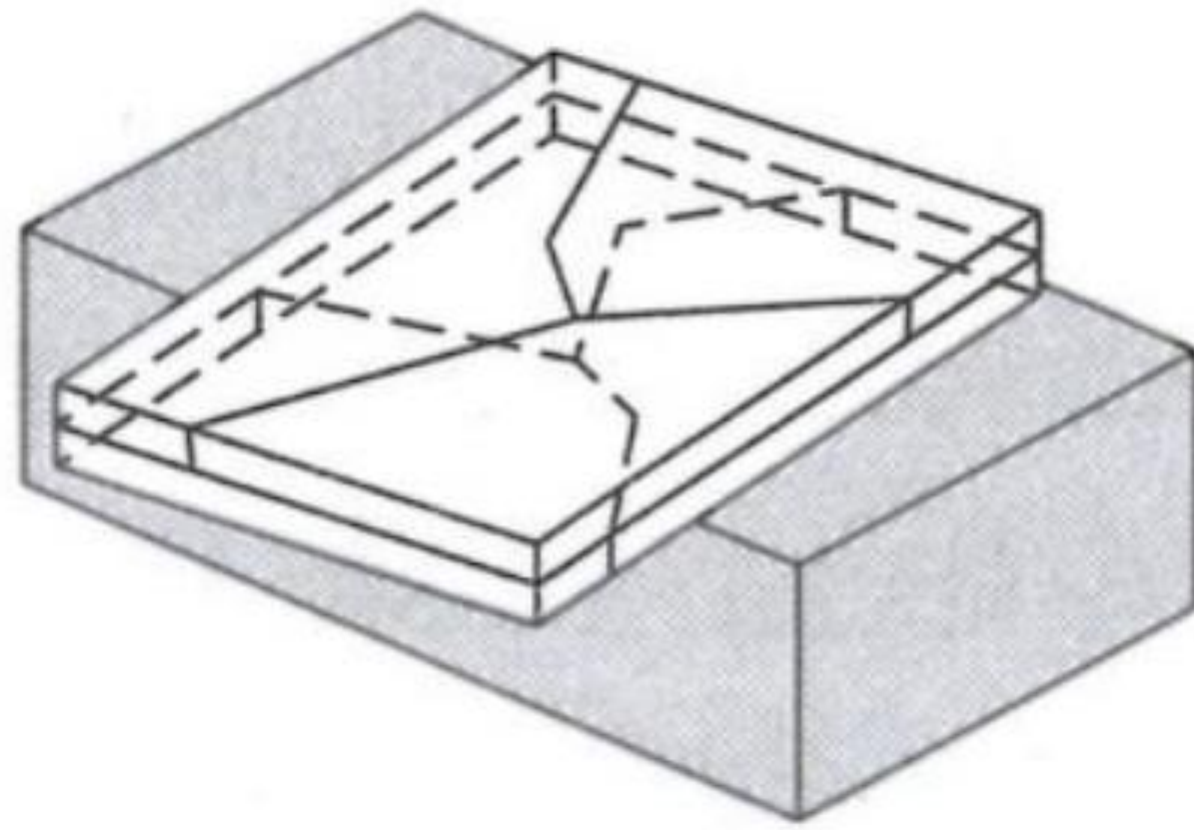


WYMAGANIA

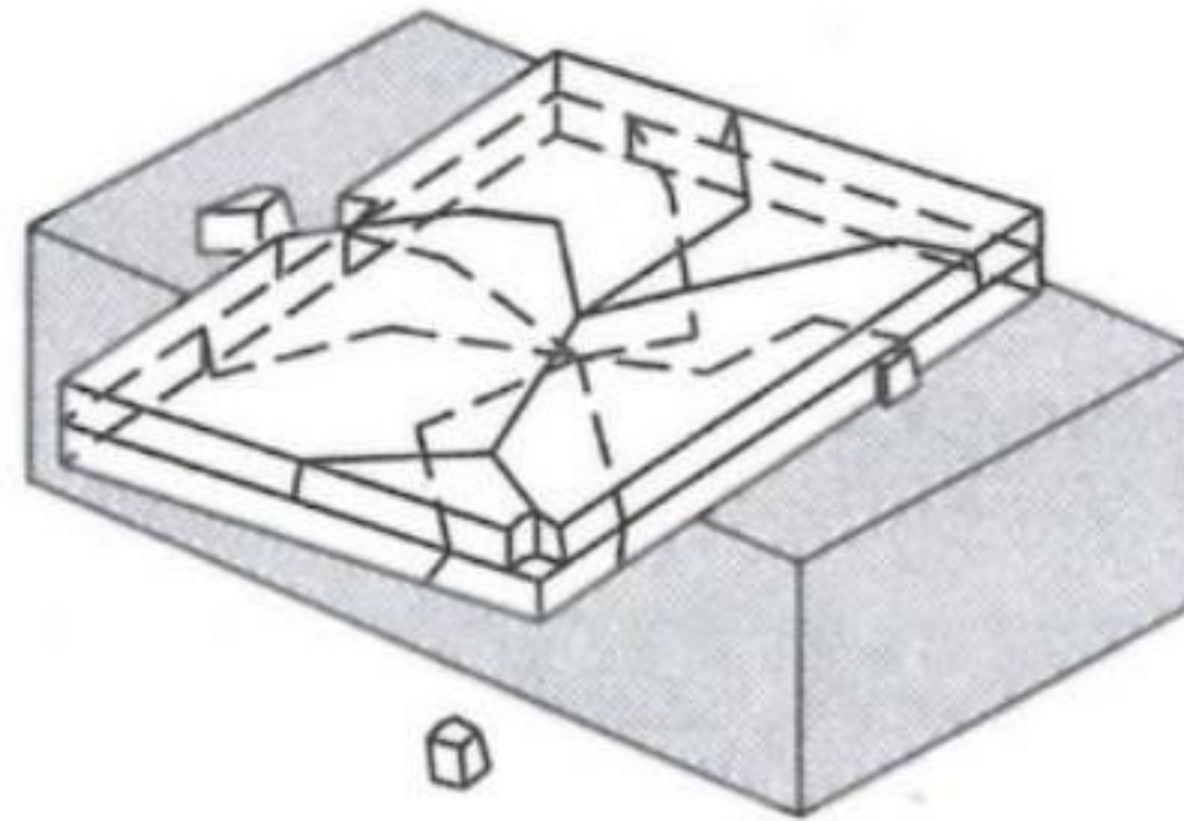
Dobór rodzaju szkła:

➔ Wyższa nośność i odporność na uderzenie ➔

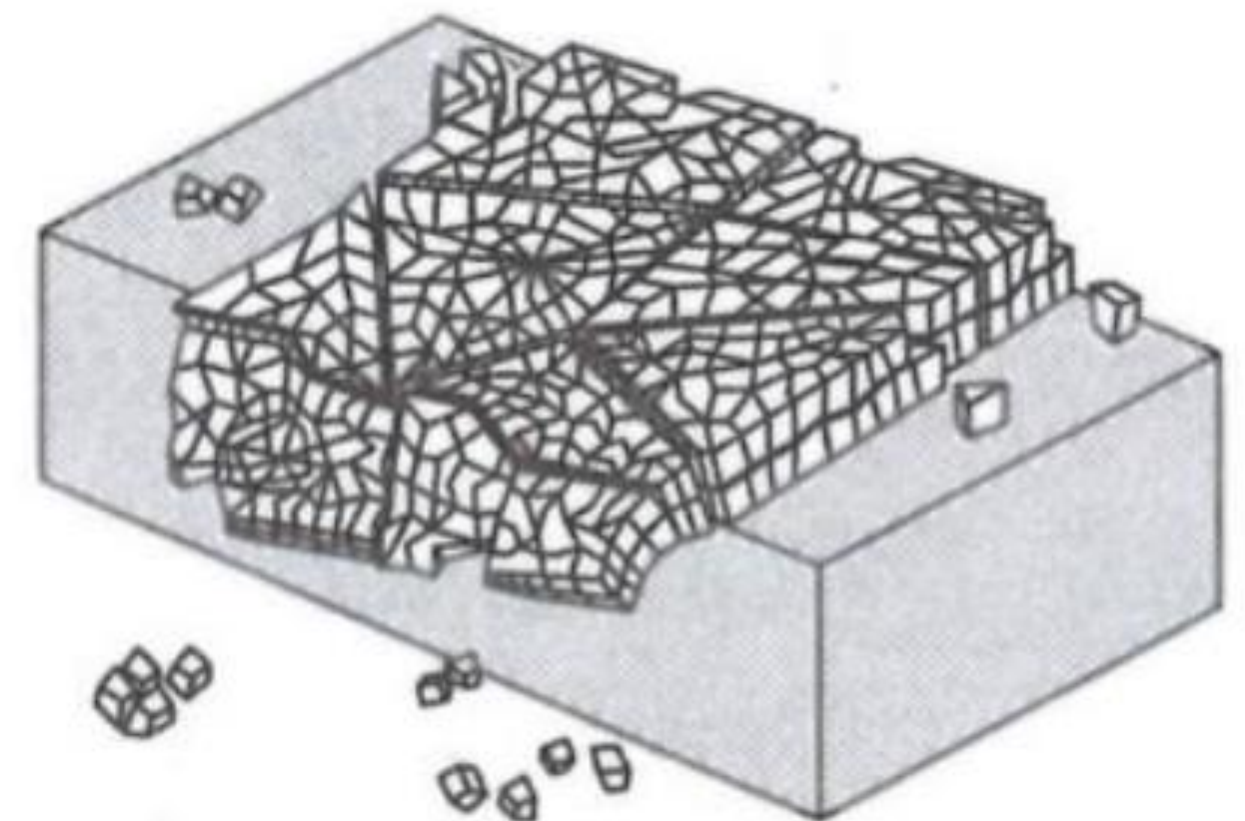
a)



b)



c)



← Wyższa nośność poawaryjna po zniszczeniu ←

W Y M A G A N I A

- Stan Graniczny Nośności (kombinacje obciążeń – wartości obliczeniowe, sprawdzeniu podlegają naprężenia)
- Stan Graniczny Użytkowości (kombinacje obciążeń – wartości charakterystyczne, sprawdzeniu podlegają ugięcia) - nie dotyczy uderzenia człowieka
- **Stan Graniczny Zarysowania** (zapewnienie bezpieczeństwa użytkowania podczas zarysowania elementu)
- **Stan Graniczny Zniszczenia** (zapewnienie bezpieczeństwa użytkowania po zarysowania elementu, sprawdzeniu podlegają naprężenia)

W Y M A G A N I A

- Stan Graniczny Zarysowania (zapewnienie bezpieczeństwa użytkowania podczas zarysowania elementu)
- Stan Graniczny Zniszczenia (zapewnienie bezpieczeństwa użytkowania po zarysowania elementu, sprawdzeniu podlegają naprężenia)



W Y M A G A N I A

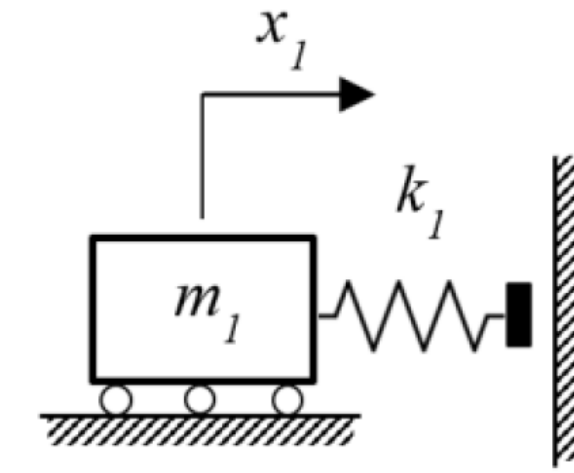
Uderzenie człowieka

Wybrane maksymalne wartości P_{dyn}/P_{stat} uzyskane w czasie badań z wykorzystaniem ochotników [Nielsen (1982)]

Czynność	P_{dyn}/P_{stat}
Kopanie stopą	1,50
Uderzanie kolaniem	1,80
Opieranie się krzesłem	3,00
Rozpieranie łokciem	1,60
Parcie ciałem człowieka na szybę	3,90
Uderzenie w szybę plecami (pchnięcie drugiej osoby)	4,10
Uderzenie w szybę plecami (przewrócenie się)	3,25
Napieranie ramieniem	1,90

WYMAGANIA

Uderzenie człowieka



$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Wartość energii kinetycznej generowanej przez przemieszczającego się człowieka

Rodzaj ruchu	Prędkość [m/s]	Efektywna energia kinetyczna [J]
Zawodowy sprinter [Graubner i Nixdorf 2011]	12,0	3456
Szybko biegnący człowiek [DIN 52337]	5,0	600
Człowiek poruszający się ze średnią prędkością podczas biegu [DIN 52337]	3,9	365
Człowiek poruszający się maksymalną prędkością w pomieszczeniach [DIN 52337]	2,4	138

WYMAGANIA

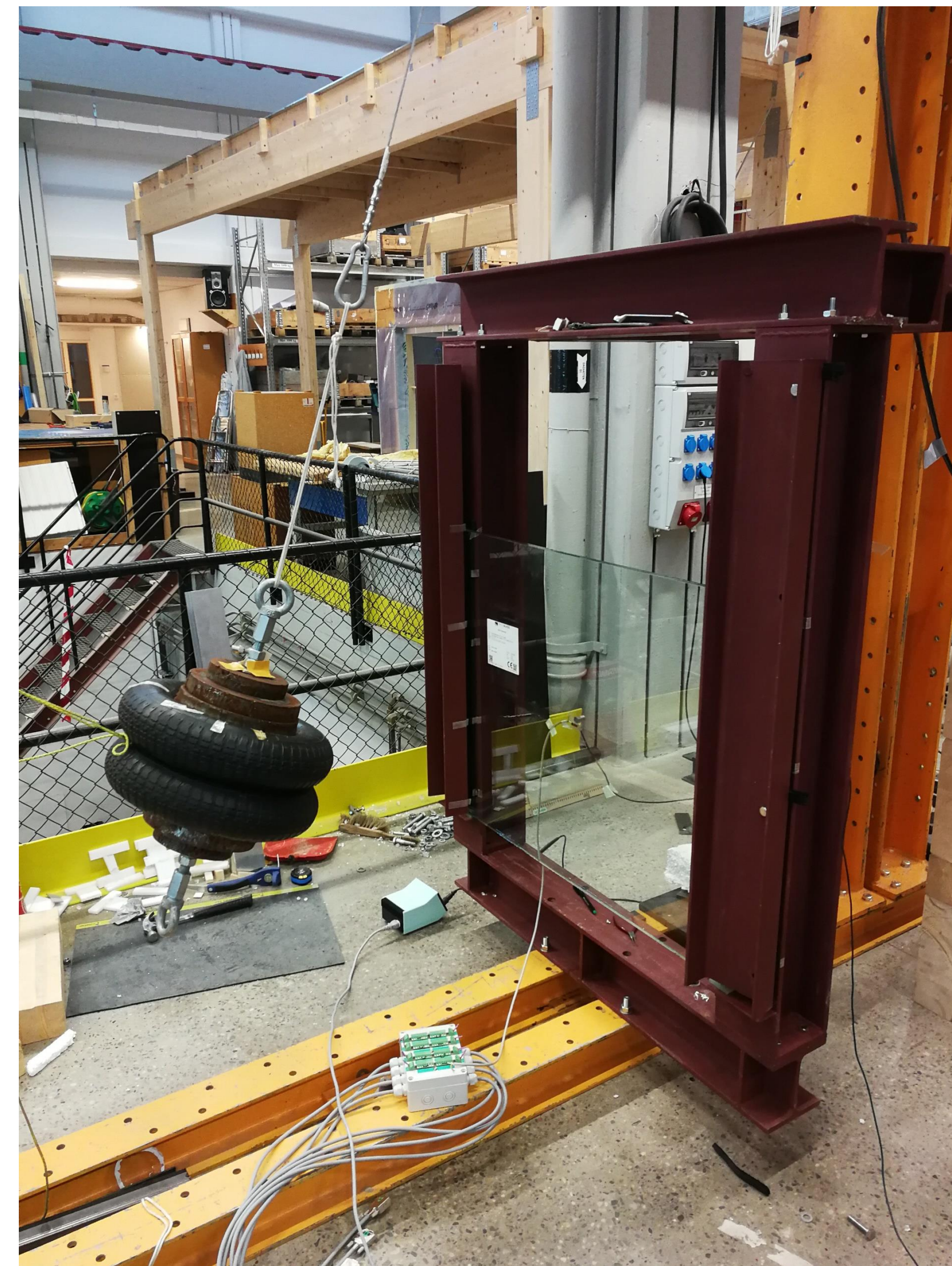
Uderzenie człowieka

$$E_p = mgh \longleftrightarrow E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Energia kinetyczna ciała o masie 45 kg i odpowiadająca jej wysokość spadania ciała o masie 50 kg

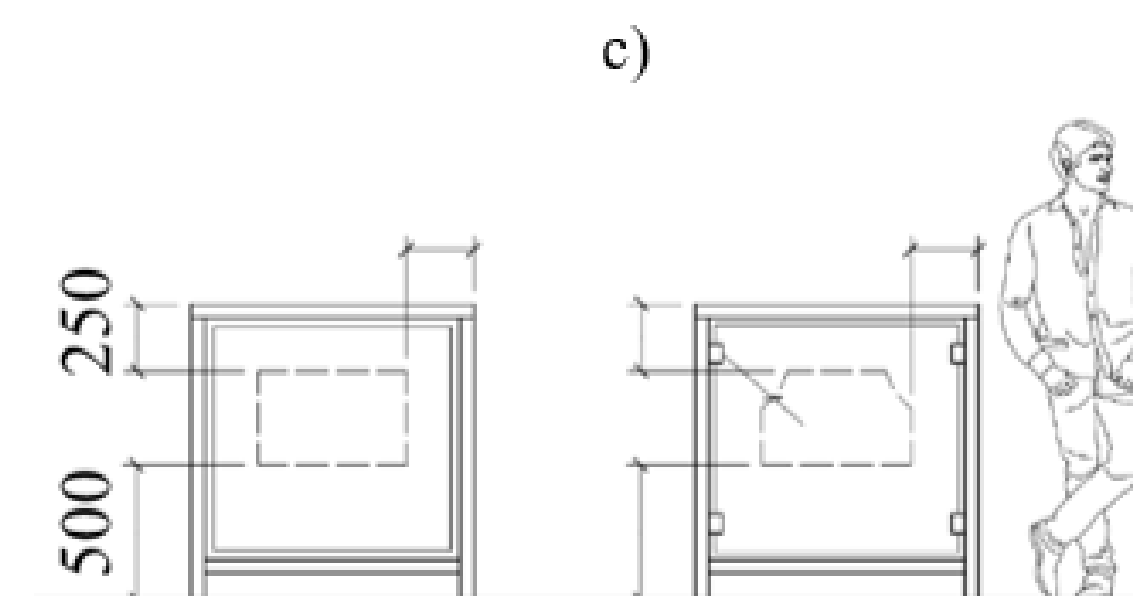
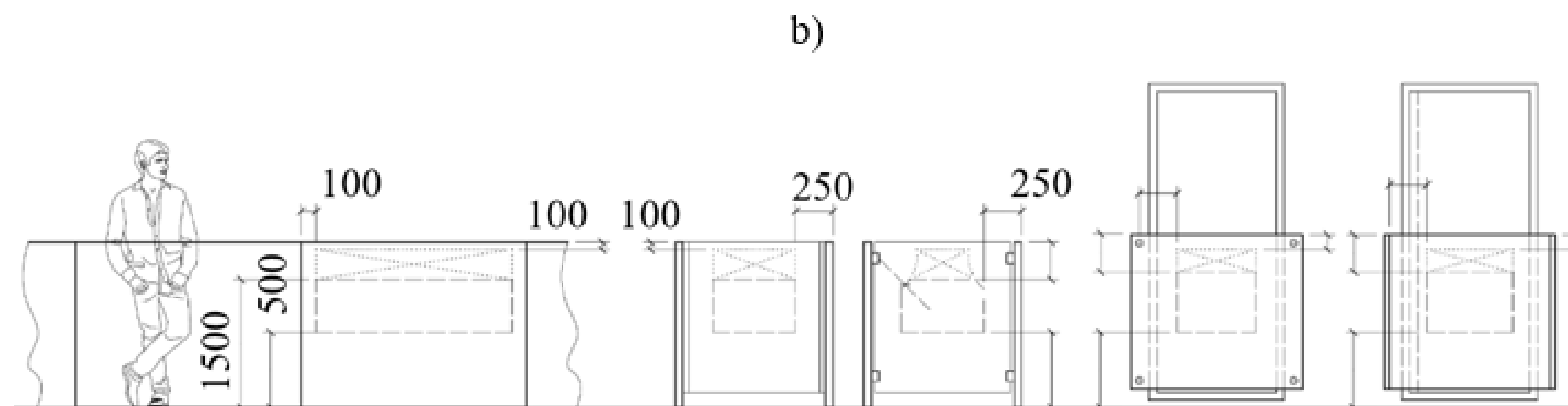
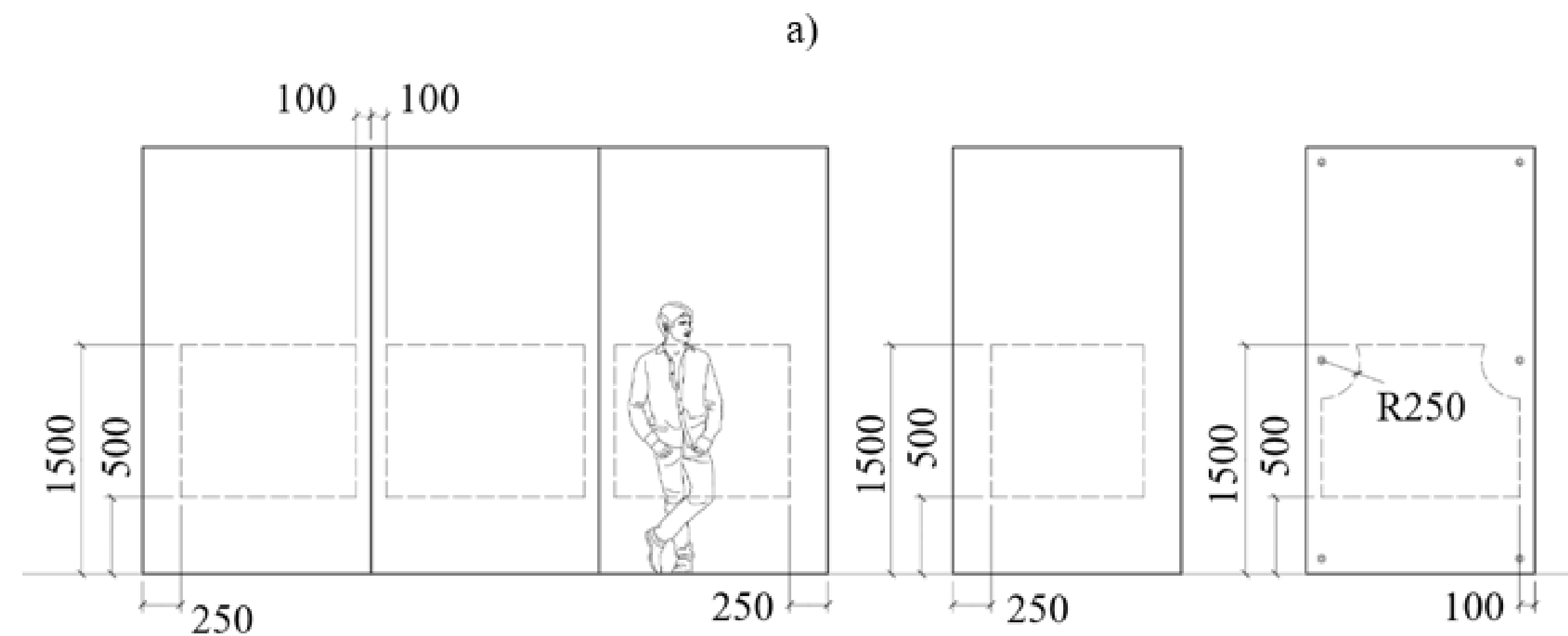
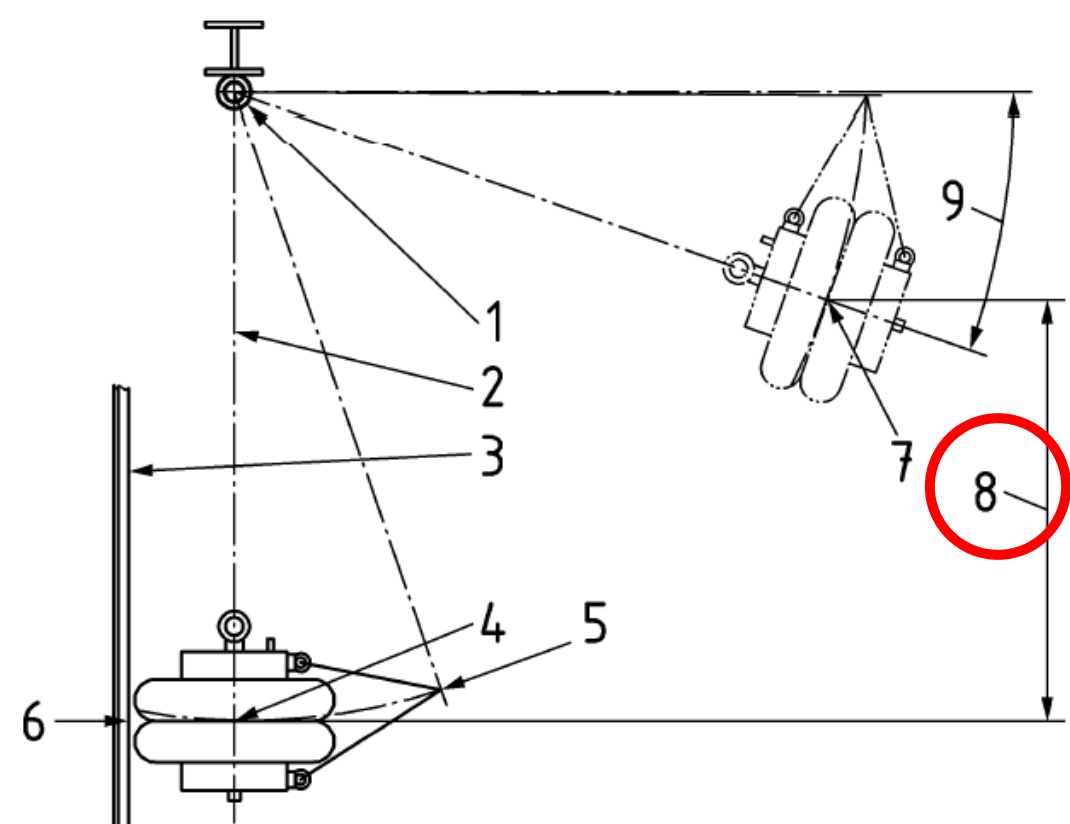
Prędkość ciała o masie m_i [m/s]	Energia kinetyczna ciała o masie 45 kg [J]	Odpowiadająca wysokość spadania wahadła o masie 50 kg [mm]
2,5	135	305
3,0	201	457
5,0	538	1219

Państwo	Wysokość spadania [mm]	Urządzenie udarowe
Normy europejskie		
Europa [EN 12600]	1200	Wahadło dwooponowe (zgodne z EN 12600) (50 kg)
	450	
	190	



WYMAGANIA

Uderzenie człowieka



16

Klasa	A	B	C
Wysokość spadania wahadła [mm]	900	700	450

W Y M A G A N I A

Uderzenie człowieka

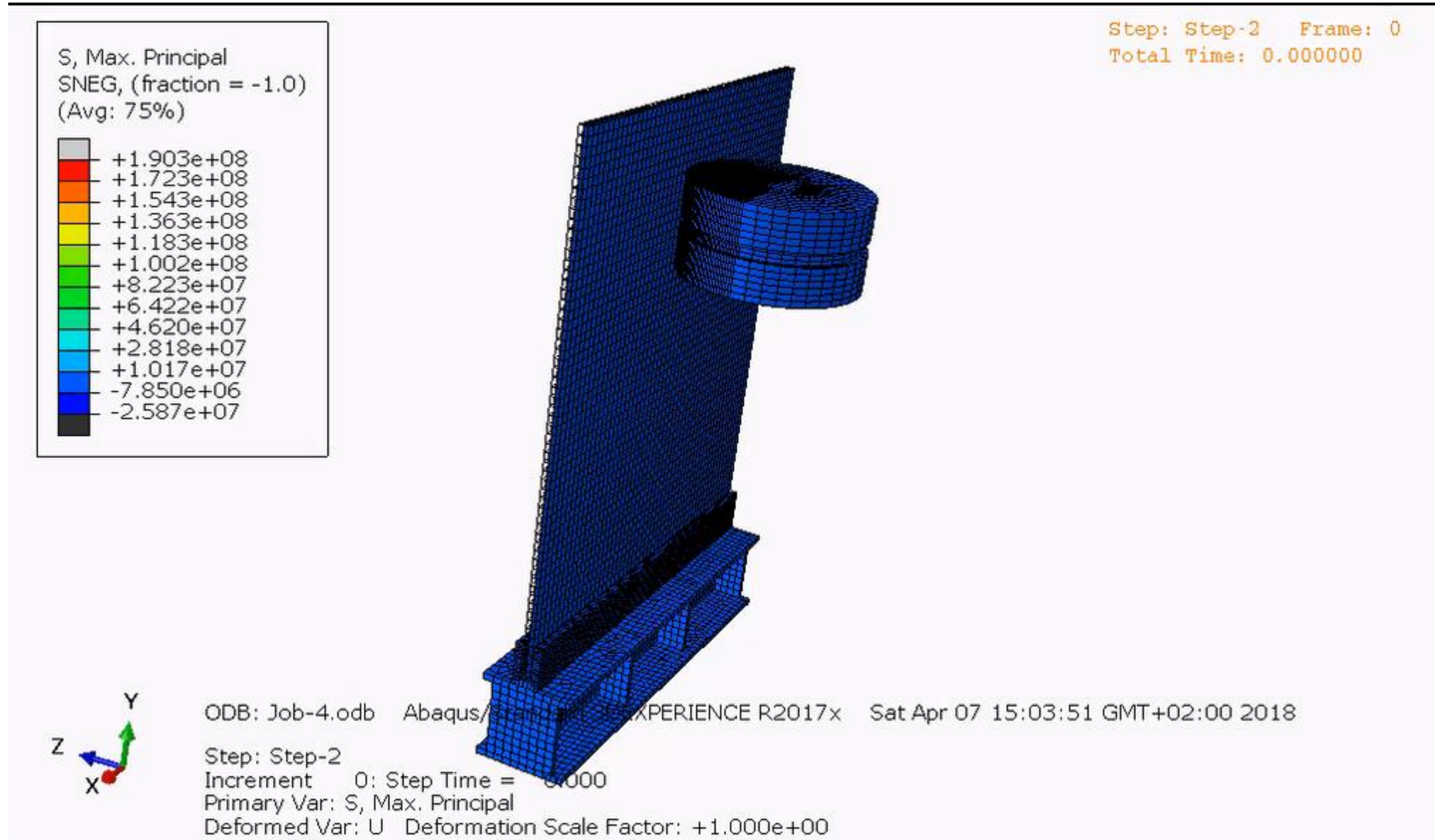
Porównanie wysokości spadania, stosowanych rodzajów wahadeł i odpowiadających im energii uderzenia dla różnych krajów i kontynentów

Państwo	Wysokość spadania [mm]	Urządzenie udarowe	Energia uderzenia [J]
Normy europejskie			
Europa [EN 12600]	1200	Wahadło dwuoponowe (zgodne z EN 12600) (50 kg)	589
	450		220
	190		93
Normy lokalne (krajowe)			
Niemcy [DIN 18008-4]	900	Wahadło dwuoponowe (zgodne z EN 12600) (50 kg)	442
	700		343
	450		221
Wielka Brytania [BS 6206]	1219	Worek kulisty (45 kg)	538
	457		201
	305		135
USA [CPSC 16 CFR 1201]	1231	Worek kulisty (45 kg)	543
	470		207
Australia [AS 2208]	300	Worek kulisty (45 kg)	132
	200		89

ANALIZY NUMERYCZNE

Uderzenie człowieka

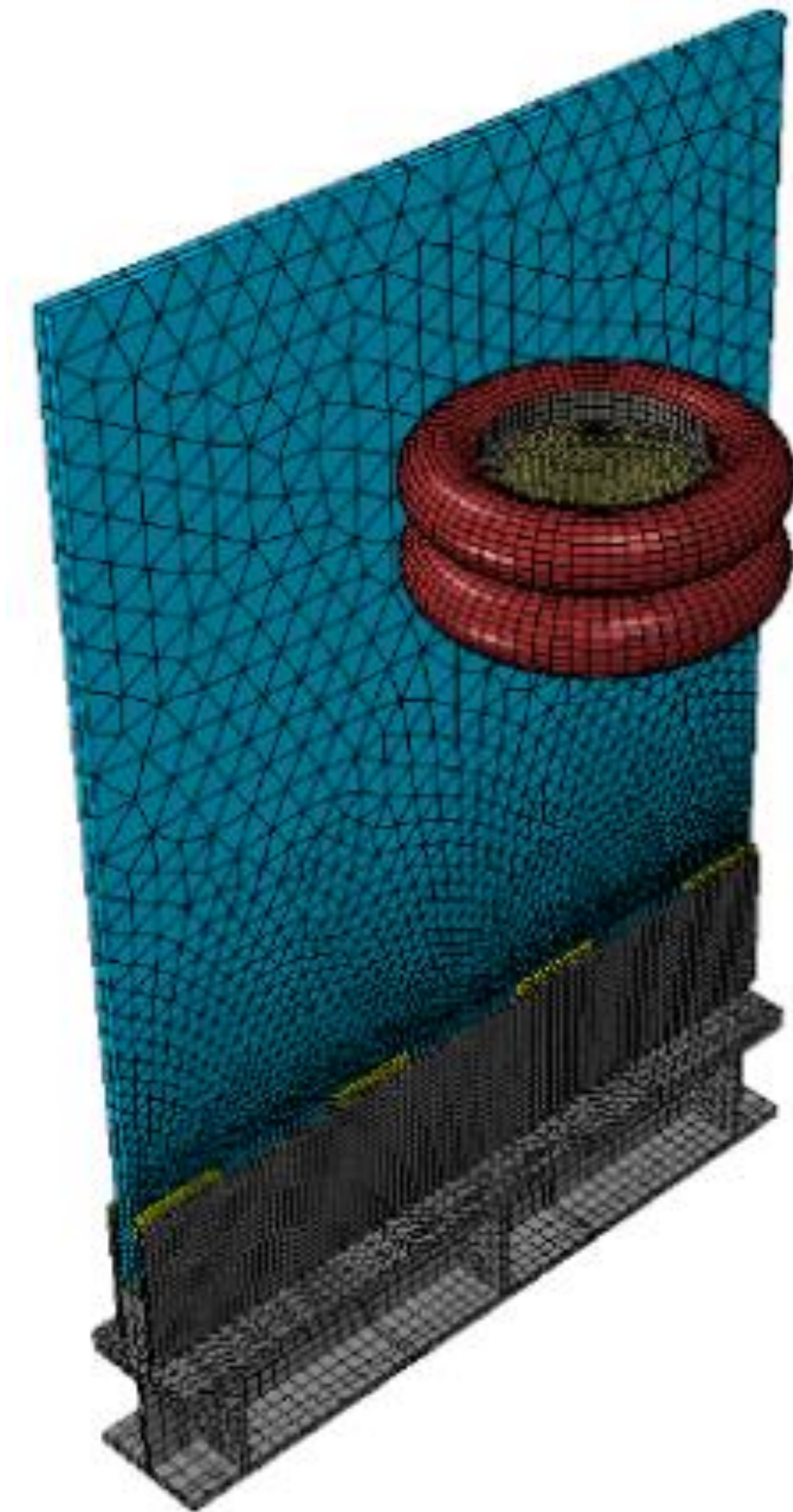
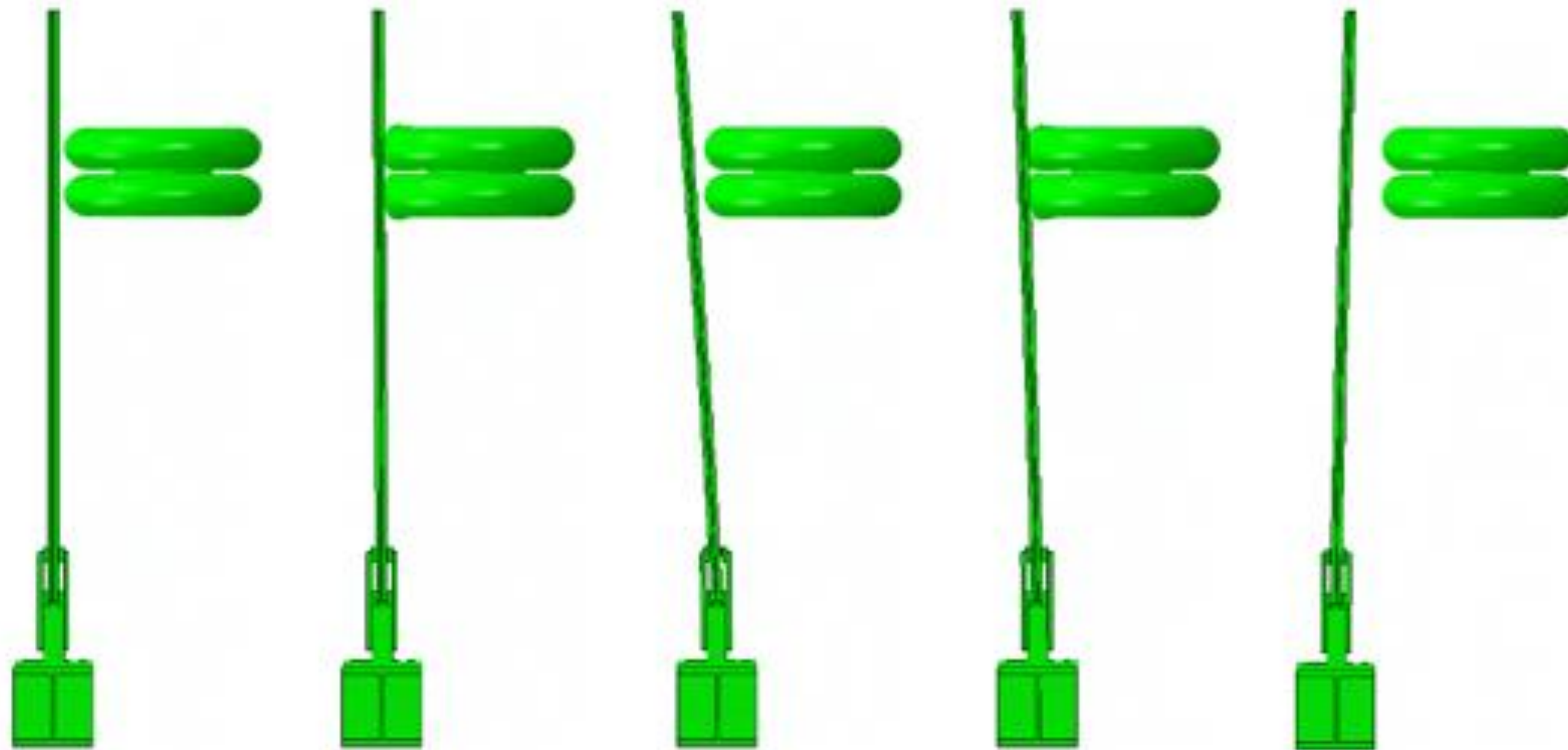
18



ANALIZY NUMERYCZNE

Uderzenie człowieka

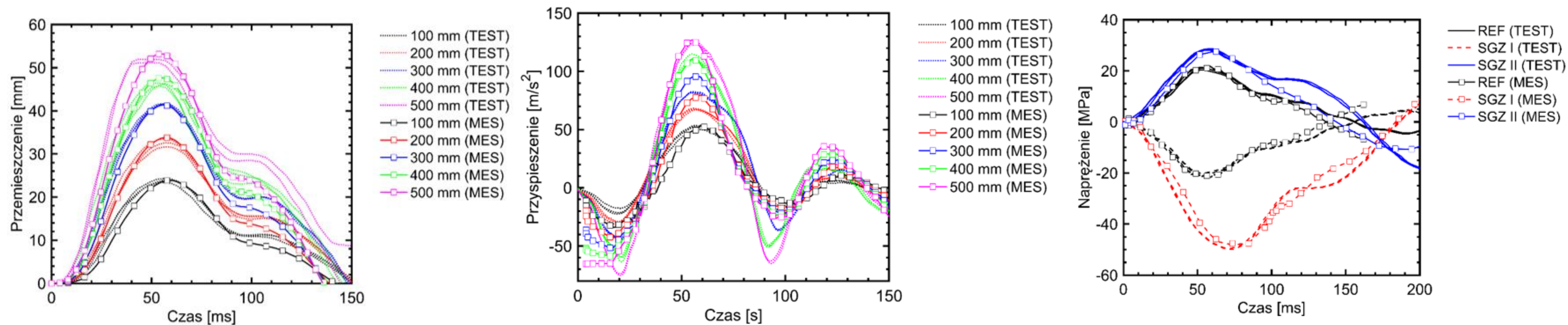
19



ANALIZY NUMERYCZNE

Uderzenie człowieka

20





BADANIA I ANALIZY NUMERYCZNE

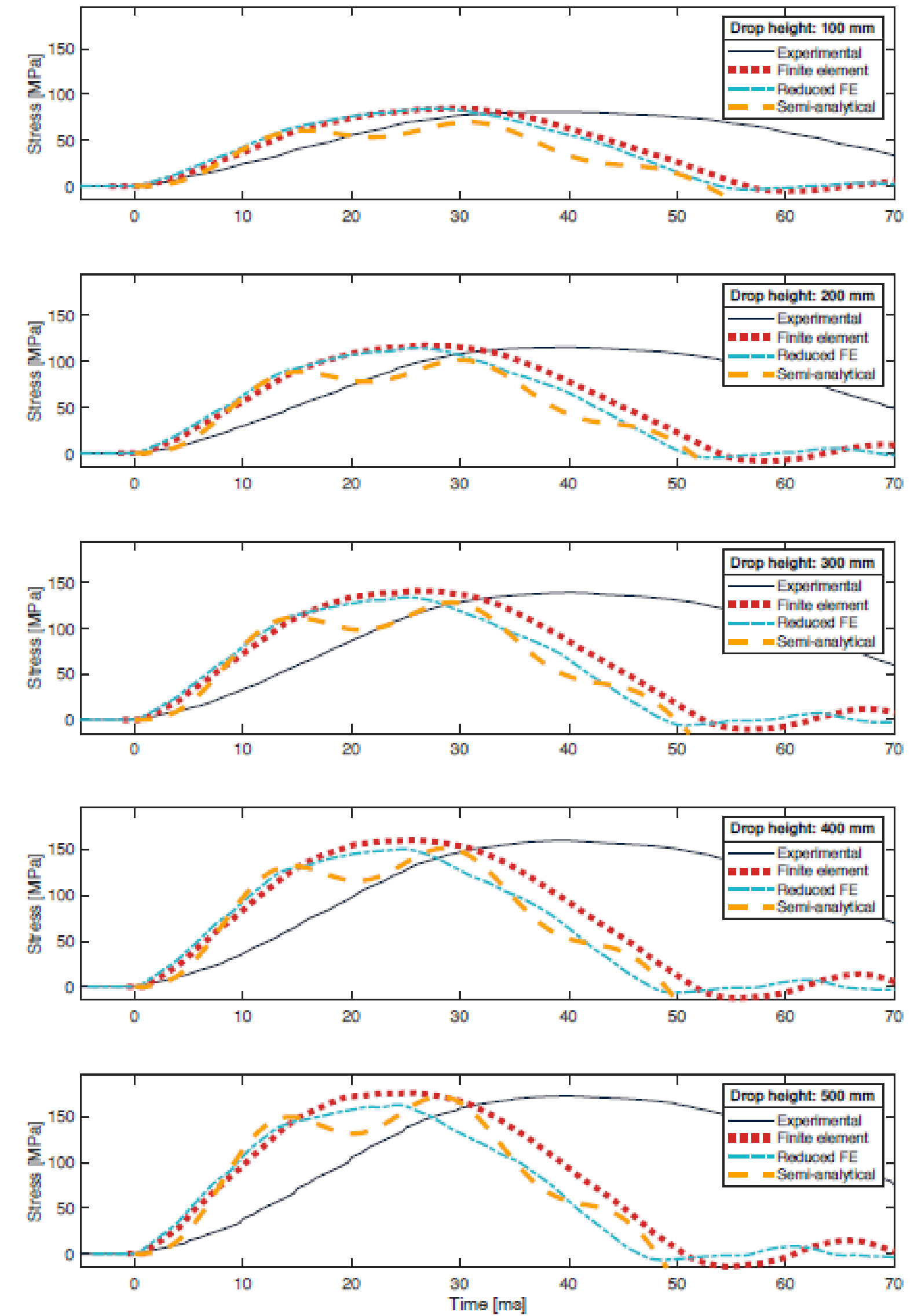
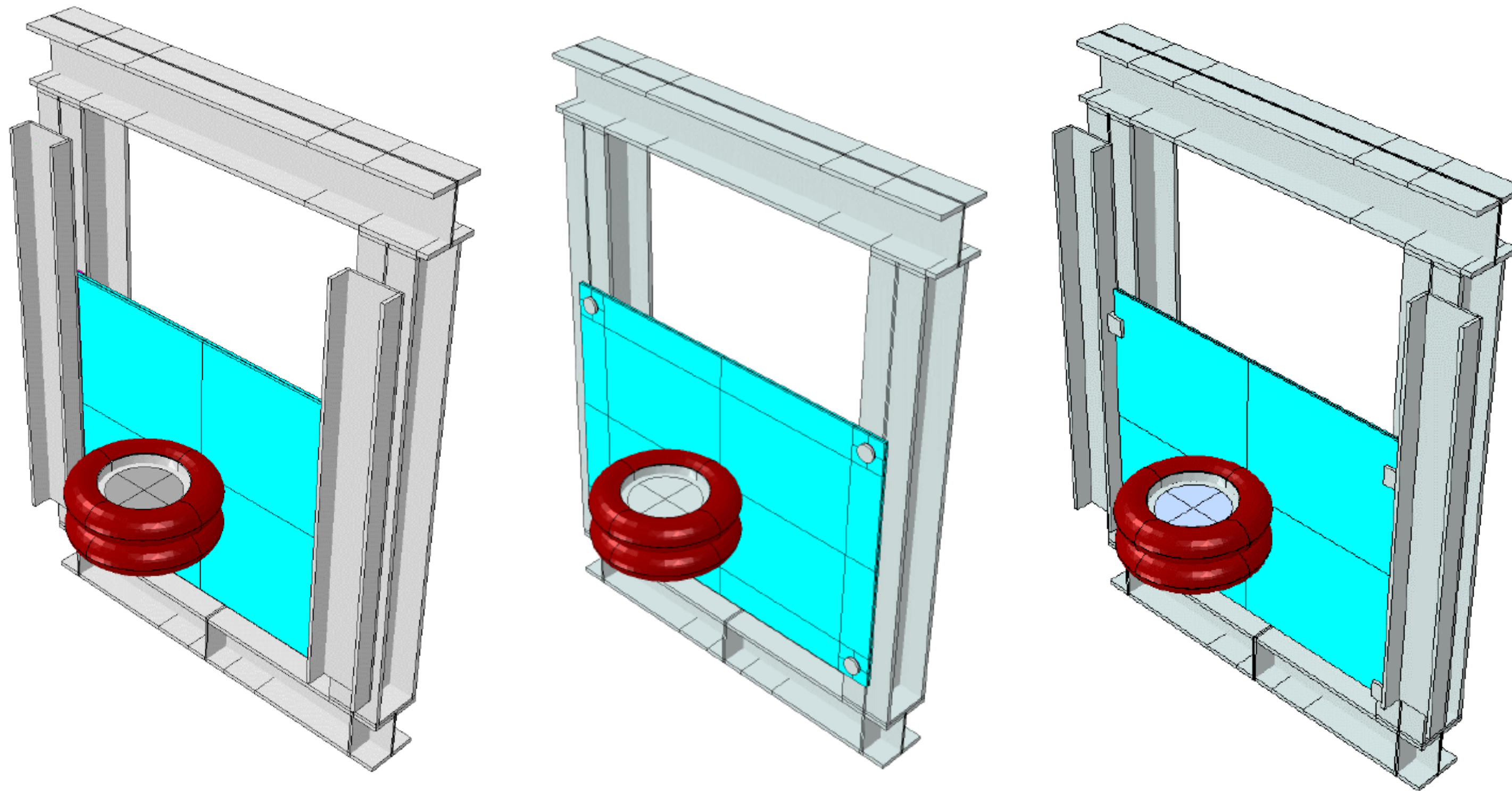
Uderzenie człowieka



BADANIA I ANALIZY NUMERYCZNE

Uderzenie człowieka

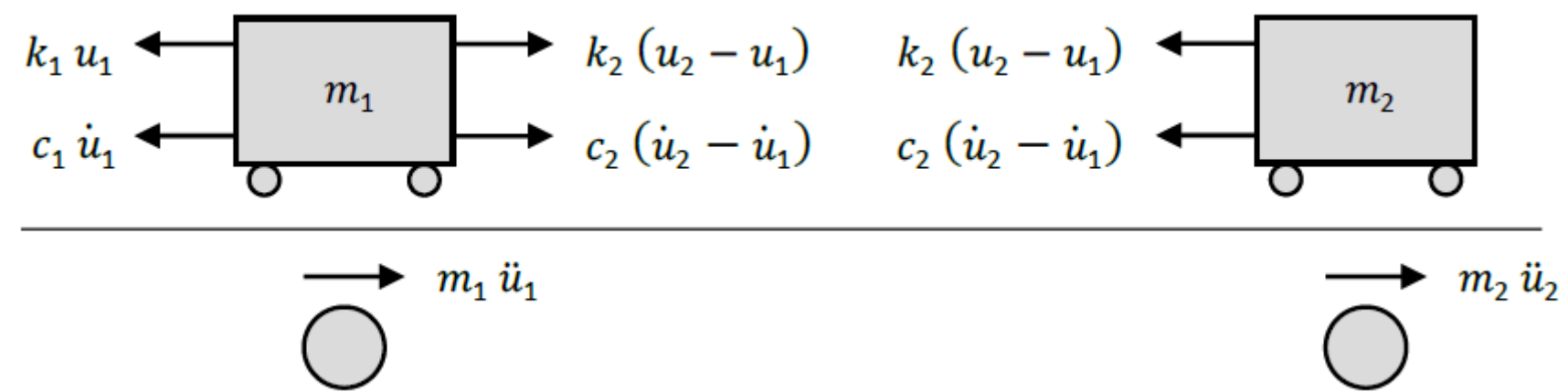
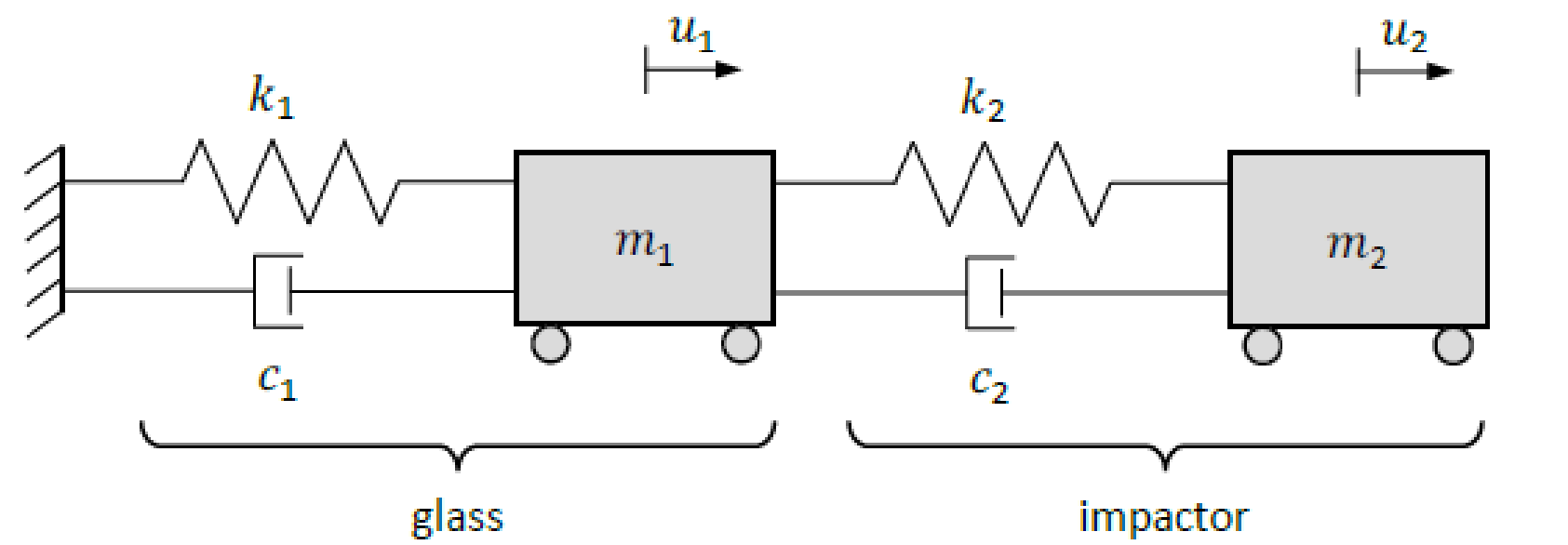
22



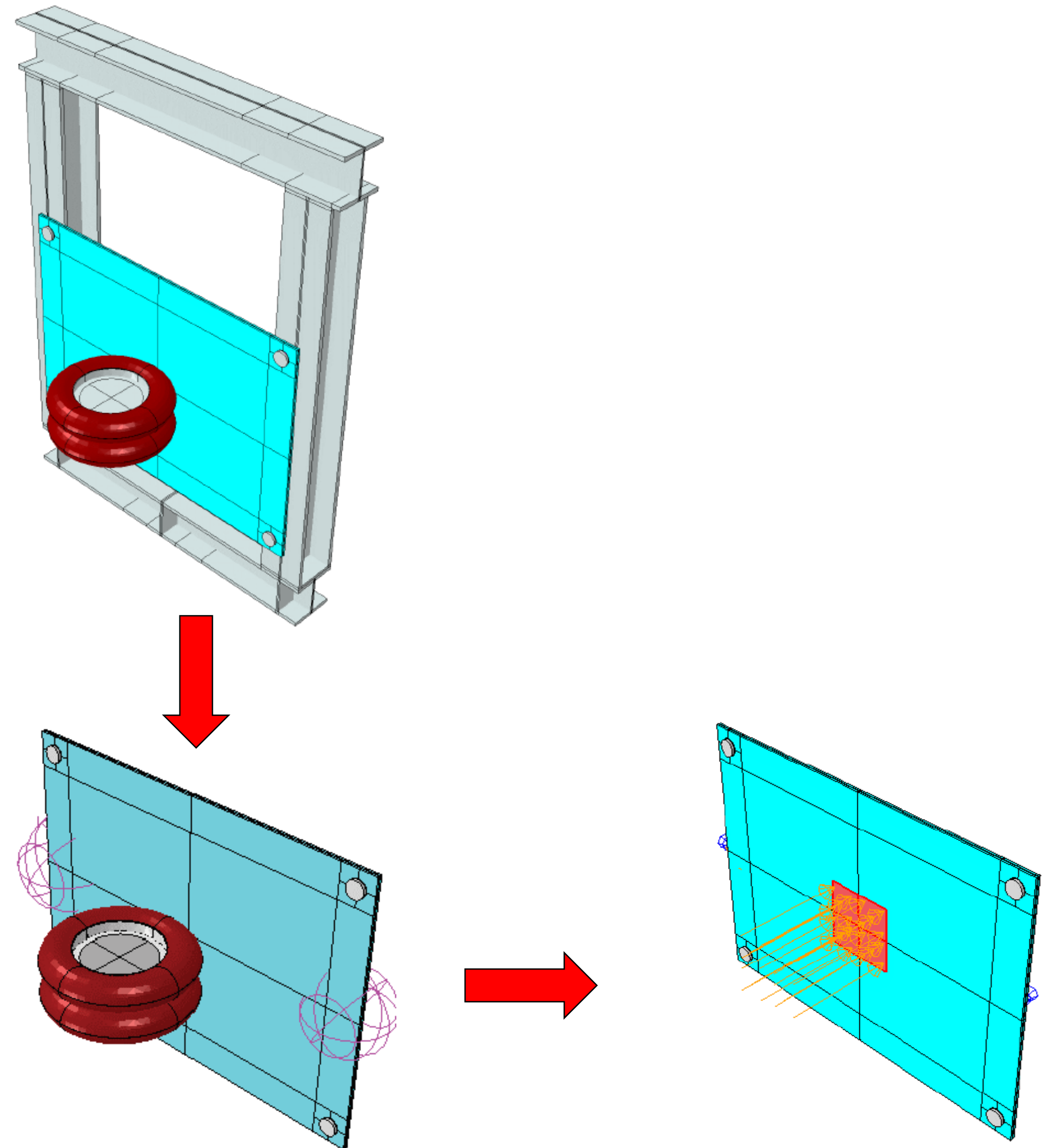
Źródło: E.Björklund, A. Christoffersson: Computational Modeling and Experimental Verification of Softbody Impact on Glass Structures, Master thesis, Lund University, Lund, Szwecja

BADANIA I ANALIZY NUMERYCZNE

Modele zredukowane



$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



DODATKOWE INFORMACJE

Kozłowski M.: Balustrady szklane. Analizy doświadczalne i obliczeniowe, podstawy projektowania, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2019, ISBN 978-83-7880-618-9

24



KONTAKT



Tel.:
+48 506 112 832



E-mail:
marcin.kozlowski@polsl.pl



www.marcinkozlowski.eu

