



Politechnika
Śląska

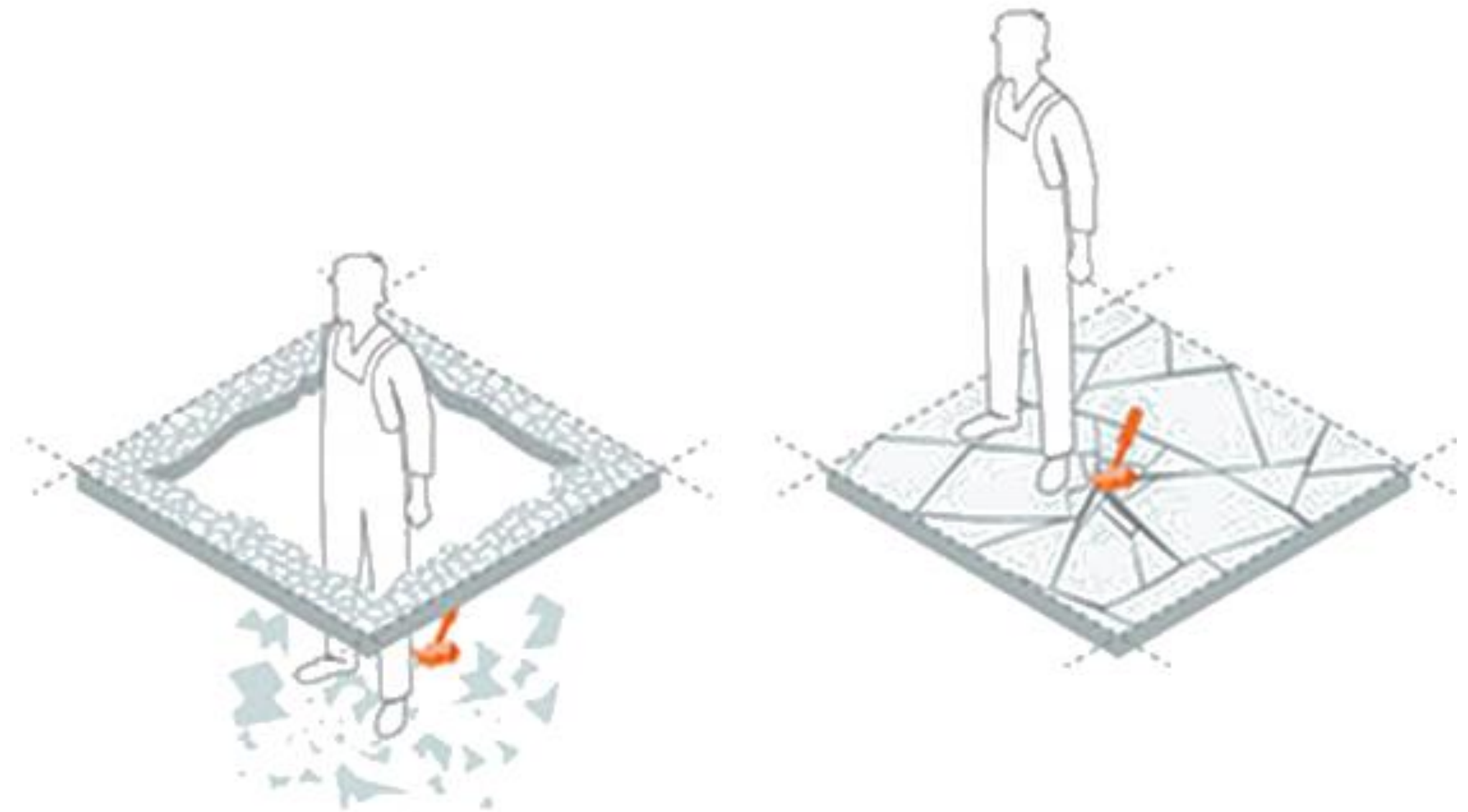
NOŚNOŚĆ POKRYTYCZNA SZKLANYCH ELEMENTÓW W ŚWIETLE NORM I BADAŃ WŁASNYCH

WORLD GLASS CONGRESS
KONSTRUKCJE PRZESZKLONE – NOWE WYZWANIA,
TECHNOLOGIE I BADANIA
WARSZAWA, 23/11/2022

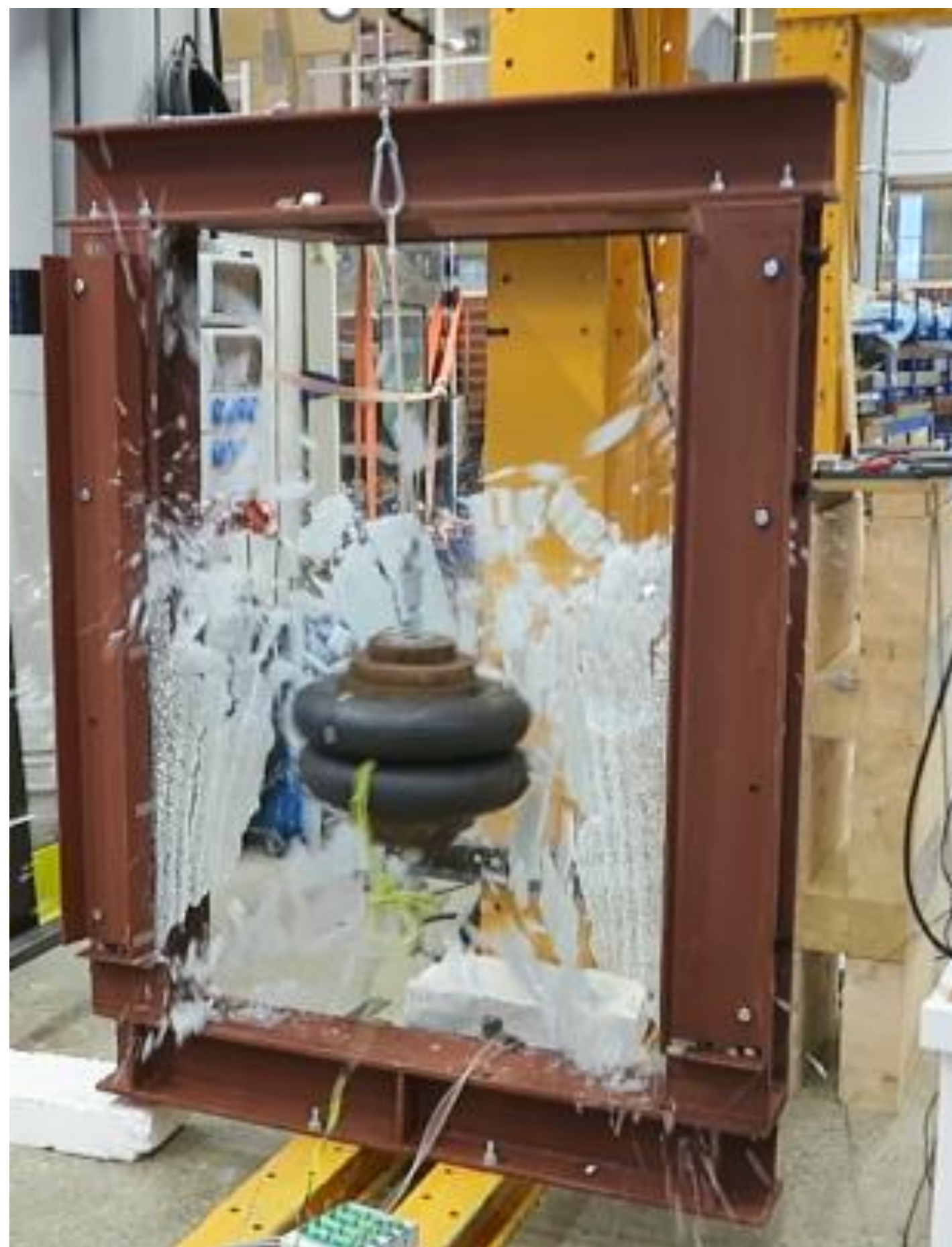
DR HAB. INŻ. MARCIN KOZŁOWSKI, PROF. PŚ
POLITECHNIKA ŚLĄSKA

A G E N D A

- Nowe stany graniczne wg CEN/TS 19100-1
- Różnica między *redundancy* oraz *robustness*
- Dyskusja nad określeniem czasu w stanie granicznym PFLS
- Scenariusze stanów granicznych
- DIN 18008-6 – przykład obliczeniowy
- Nośność pokrytyczna – badania własne
- Informacja o KT 325



3



Źródło: fot. Marcin Kozłowski

CEN/T S 19100-1

Design of glass structures - Part 1: Basis of design and materials (listopad 2021)

Nowe stany graniczne:

- **Stan Graniczny Zarysowania** (*Fracture Limit State – FLS*)

Przypadek przypadkowego (lub intencyjnego) zarysowania elementu lub części konstrukcji

- zapobieganie urazom w wyniku kontaktu z odłamkami szkła
- zapobieganie przedostawaniu się obiektów
- ograniczenie awarii do zarysowanego elementu szklanego lub części konstrukcji

- **Stan Graniczny Zniszczenia** (*Post Fracture Limit State – PFLS*)

Przypadek, w którym po w przypadku przypadkowego (lub intencyjnego) uszkodzenia elementu szklanego, jest wymagana nośność szczątkowa w określonym okresie, zapewniona przez:

- redundancję elementu szklanego
- nieuszkodzone warstwy elementu szklanego
- zapewnienie tzw. alternatywnych ścieżek obciążenia

CEN / TS 19100-1

Design of glass structures - Part 1: Basis of design and materials (listopad 2021)

Kluczowe słowa:

REDUNDANCY (redundancja) - nadmiarowość w stosunku do tego, co konieczne lub zwykłe.

Zapewnienie lub istnienie dodatkowych ścieżek obciążenia lub systemów konstrukcyjnych, niż jest to bezwzględnie konieczne, aby oprzeć się oddziaływaniom projektowym.

ROBUSTNESS (solidność, wytrzymałość, odporność) - zdolność konstrukcji do przetrwania nieprzewidzianych niekorzystnych zdarzeń bez uszkodzenia w stopniu nieproporcjonalnym do pierwotnej przyczyny.

W sytuacjach, w których istnieje ryzyko zarysowania szkła i jest ono krytyczne, projektowanie należy rozpocząć od uwzględnienia odpowiednio FLS i PFLS

Weryfikacje stanów FLS i PFLS można przeprowadzić na podstawie obliczeń (analitycznych, numerycznych) lub eksperymentów (badań fizycznych).

CEN/T S 19100-1

Design of glass structures - Part 1: Basis of design and materials (listopad 2021)

Projektowanie konstrukcji szklanych zawsze powinno uwzględniać sytuacje, w których część lub całość elementu szklanego ulega zarysowaniu.

Weryfikacja bezpieczeństwa w stanie granicznym zarysowania (FLS) uwzględnia uderzenie dynamiczne wraz ze statycznymi, stałymi i zmiennymi obciążeniami, które mogą wystąpić podczas uderzenia.

6

Weryfikacja bezpieczeństwa w stanie granicznym po zarysowaniu szkła (PFLS) uwzględnia statyczne stałe i zmienne obciążenia, które mogą wystąpić w rozważanym ograniczonym okresie czasu.

PFLS wymaga zapewnienia odpowiedniej nośności pokrytycznej elementu (po zarysowaniu szkła) przez określony czas. Przewidywany czas jest zależny od (1) wystąpienia zarysowania do jego identyfikacji, (2) czasu wymaganego do tymczasowego podparcia, (3) wymiany pękniętej tafli szkła lub (4) usunięcia obciążenia.

CEN/TS 19100-1

Design of glass structures - Part 1: Basis of design and materials (listopad 2021)

Scenariusze stanów granicznych (Limit State Scenarios – LLS)

Table 4.2 — Limit State Scenarios (LSS) depending on limit or fracture state

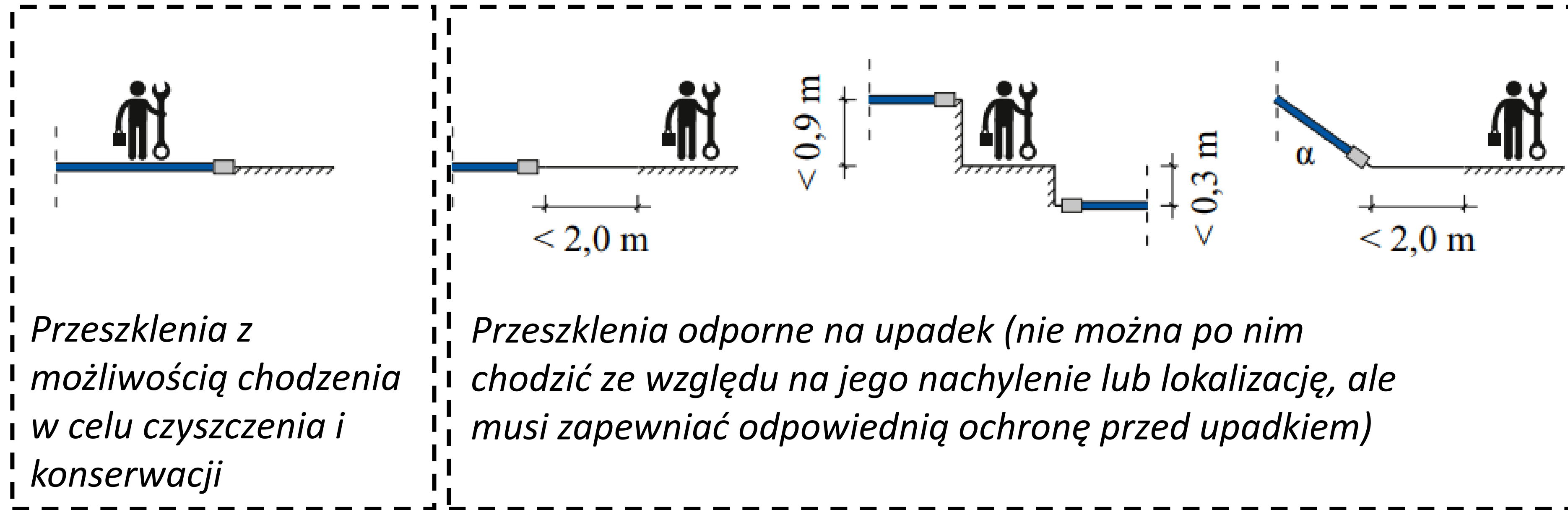
	Limit State Scenario (LSS)			
	LSS-0	LSS-1	LSS-2	LSS-3
Design for the unfractured glass state	SLS	SLS	SLS	SLS
	ULS	ULS	ULS	ULS
Design for the glass fracture state (safe glass fracture)		FLS		FLS
Design for the post-fractured state (residual load capacity)			PFLS	PFLS

Element szklany można przypisać do LSS zgodnie z Załącznikiem krajowym. Zachęca się kraje członkowskie do tworzenia list, w których typowe zastosowania szkła (np. balustrady, dachy, słupy, belki itp.) są klasyfikowane według LSS-0, LSS-1, LSS-2 lub LSS-3.

Szczegółowe informacje na temat zakresu weryfikacji FLS i PFLS (dla różnych elementów) znajdują się w CEN/TS 19100-2 oraz CEN/TS 19100-3.

DIN 18008-6:2018

Szkło w budownictwie. Zasady projektowania i wykonania. Cz. 6 Dodatkowe wymagania wobec przeszkleń z możliwością chodzenia w celu czyszczenia i konserwacji



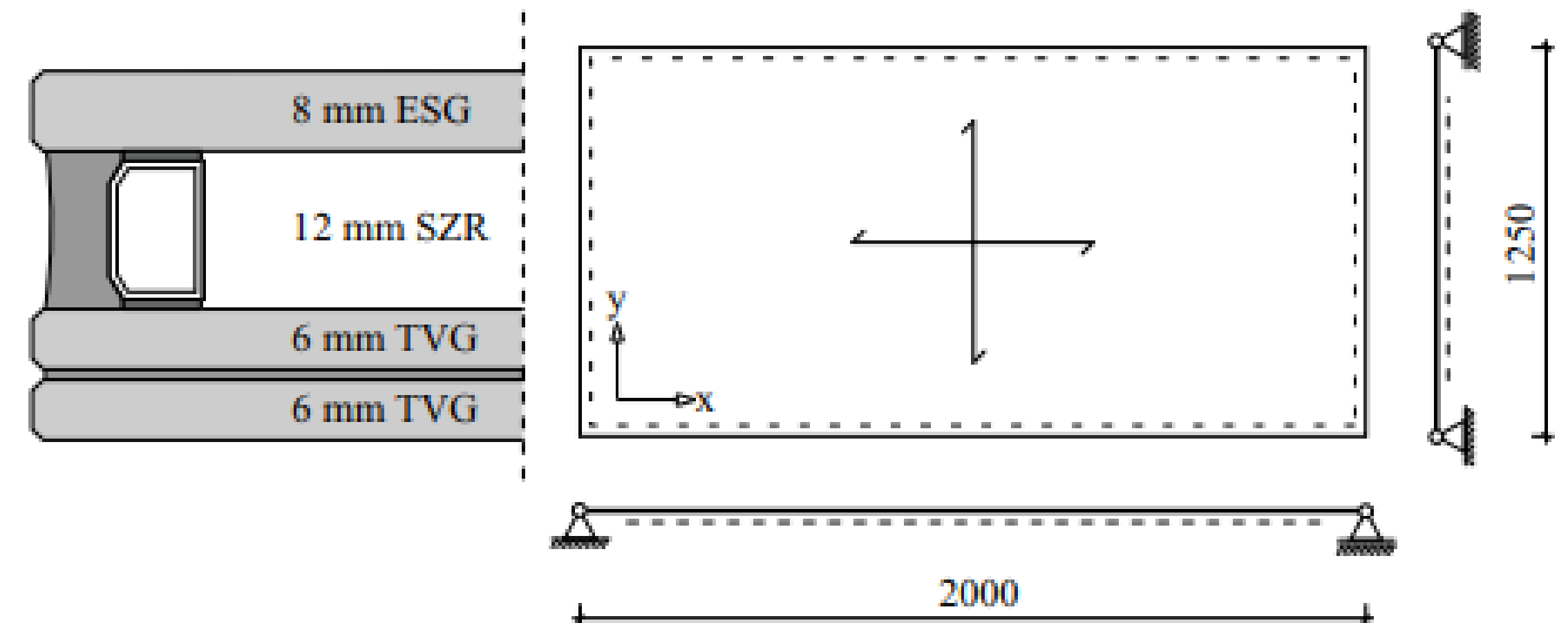
Wymóg stosowania szkła TVG lub AN dla szkła laminowanego VSG, dla szyb zespolonych górna tafla monolityczna ESG lub VSG. Szkła zbrojonego nie uważa się za odporne na upadek.

DIN 18008-6:2018

Szkło w budownictwie. Zasady projektowania i wykonania. Cz. 6 Dodatkowe wymagania wobec przeszklenia z możliwością chodzenia w celu czyszczenia i konserwacji

Przykład obliczeniowy (SGN i SGU):

- świetlik nad halą produkcyjną (przeszklenie z możliwością chodzenia + zabezpieczenie przed upadkiem)
- Wymiary 1200 mm × 2000 mm
- Obciążenie śniegiem 1,0 kN/m²
- Obciążenie montażystą 1,5 kN (10 cm × 10 cm)
- Kombinacje zgodne z DIN EN 1990
- Uwaga: po szklanej powierzchni można chodzić również wtedy, gdy leży śnieg.



Naprężenia (ESG): 71,2 MPa < 80 MPa

Naprężenia (TVG): 22,8 MPa < 51,3 MPa

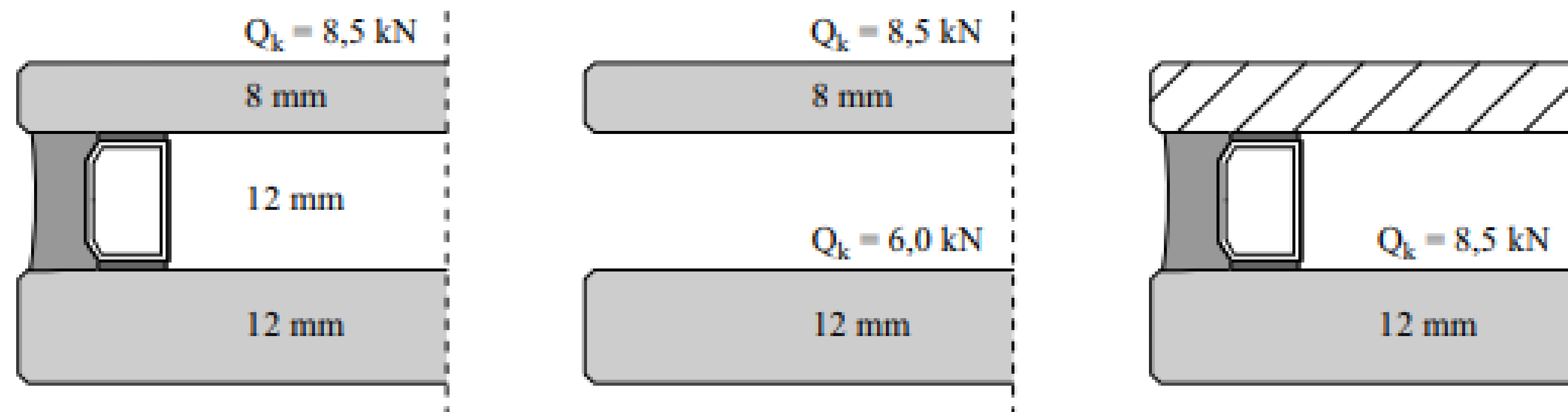
Ugięcie <math><L/100 = 12,5\text{ mm}</math>

DIN 18008-6:2018

Szkło w budownictwie. Zasady projektowania i wykonania. Cz. 6 Dodatkowe wymagania wobec przeszkleń z możliwością chodzenia w celu czyszczenia i konserwacji

Nośność szczątkowa

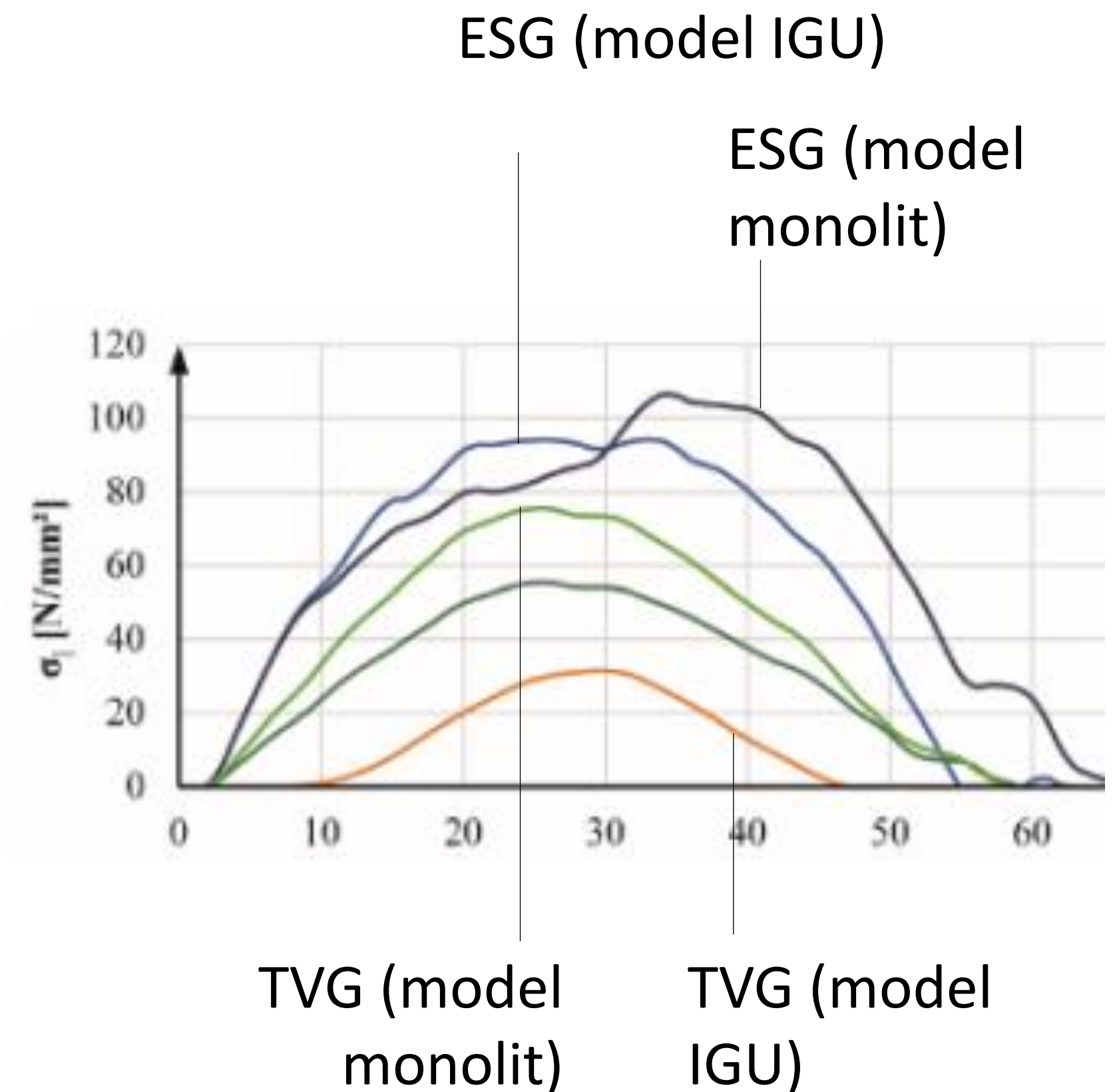
Upadek człowieka z energią 100 Nm (dla danej geometrii i sztywności szyby oszacowano ekwiwalentną siłę statyczną 8,5 kN)



Naprężenia tafla ESG: 118,5 MPa < 168,0 MPa

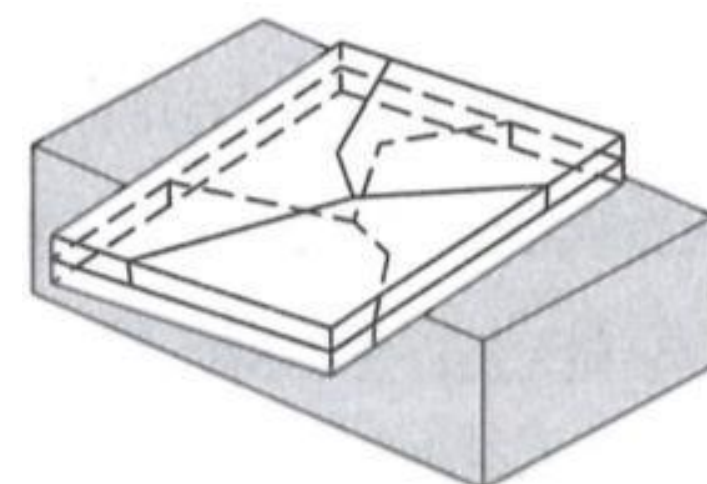
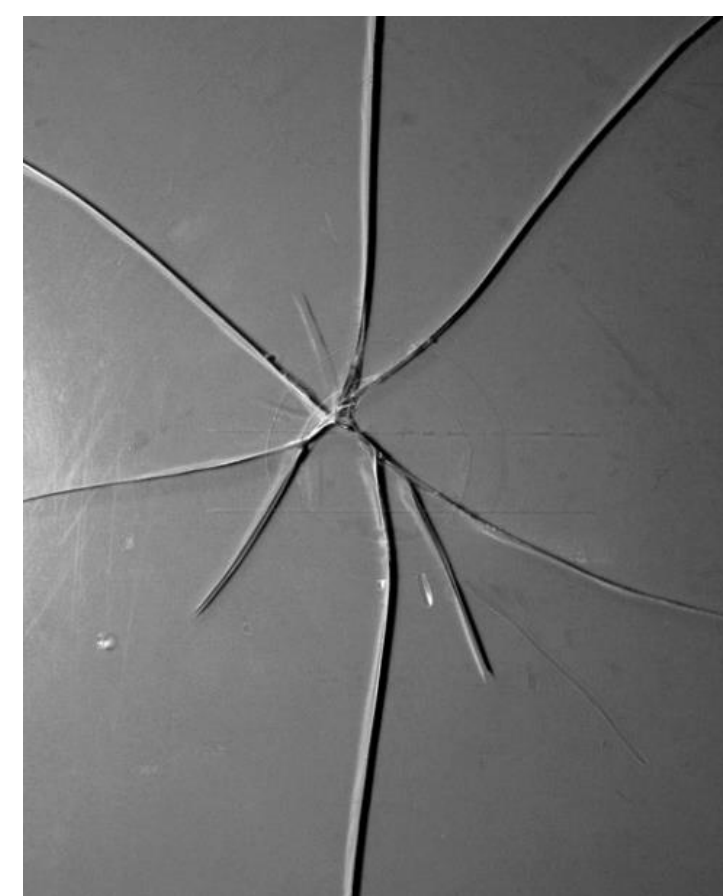
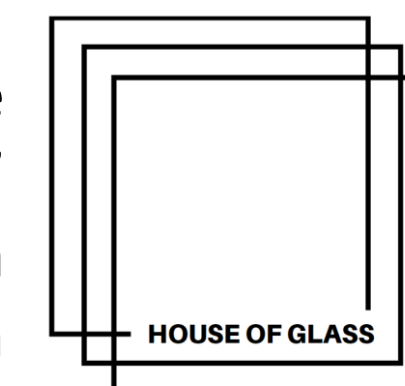
Naprężenia tafla TVG: 84,3 MPa < 119,0 MPa

Ugięcia nie sprawdza się w kombinacji wyjątkowej

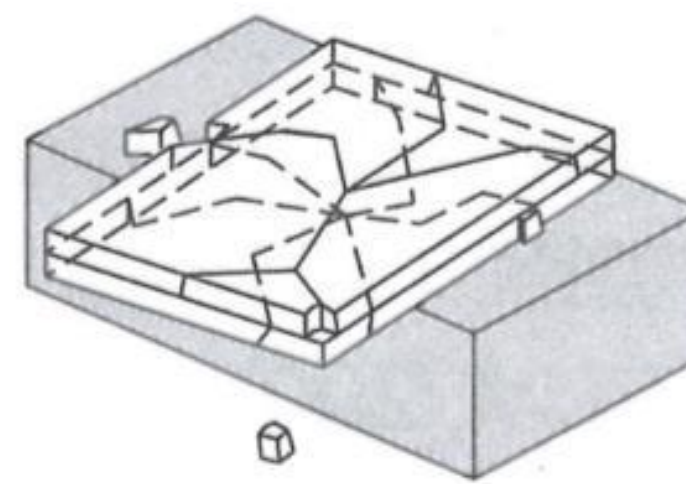
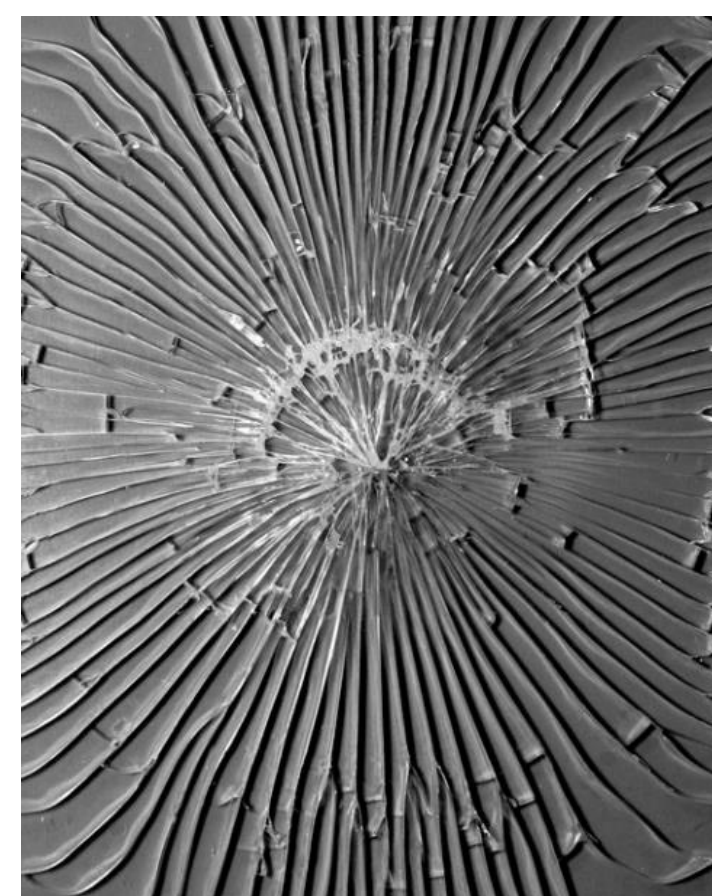


BADANIA WŁASNE

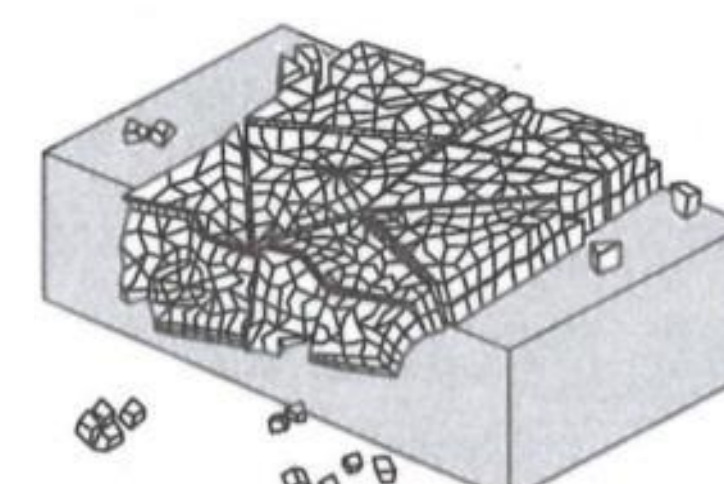
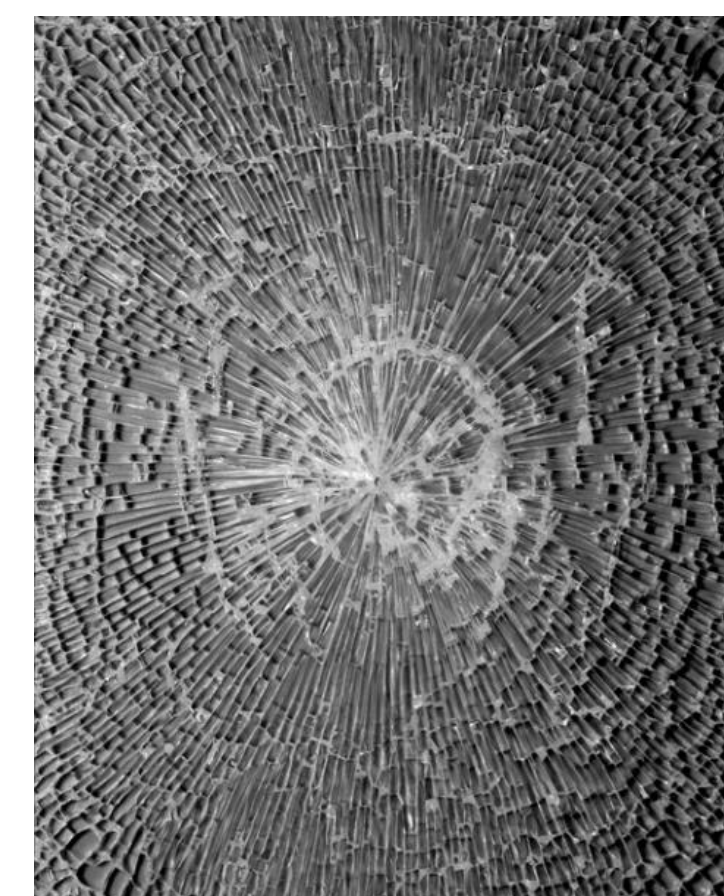
Studenckie Koło Naukowe
„House of Glass”
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska



Szkło
odprężone
(45 MPa)



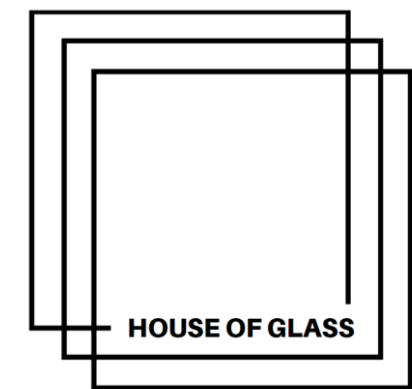
Szkło
półhartowane
(70 MPa)



Szkło
hartowane
(120 MPa)

BADANIA WŁASNE

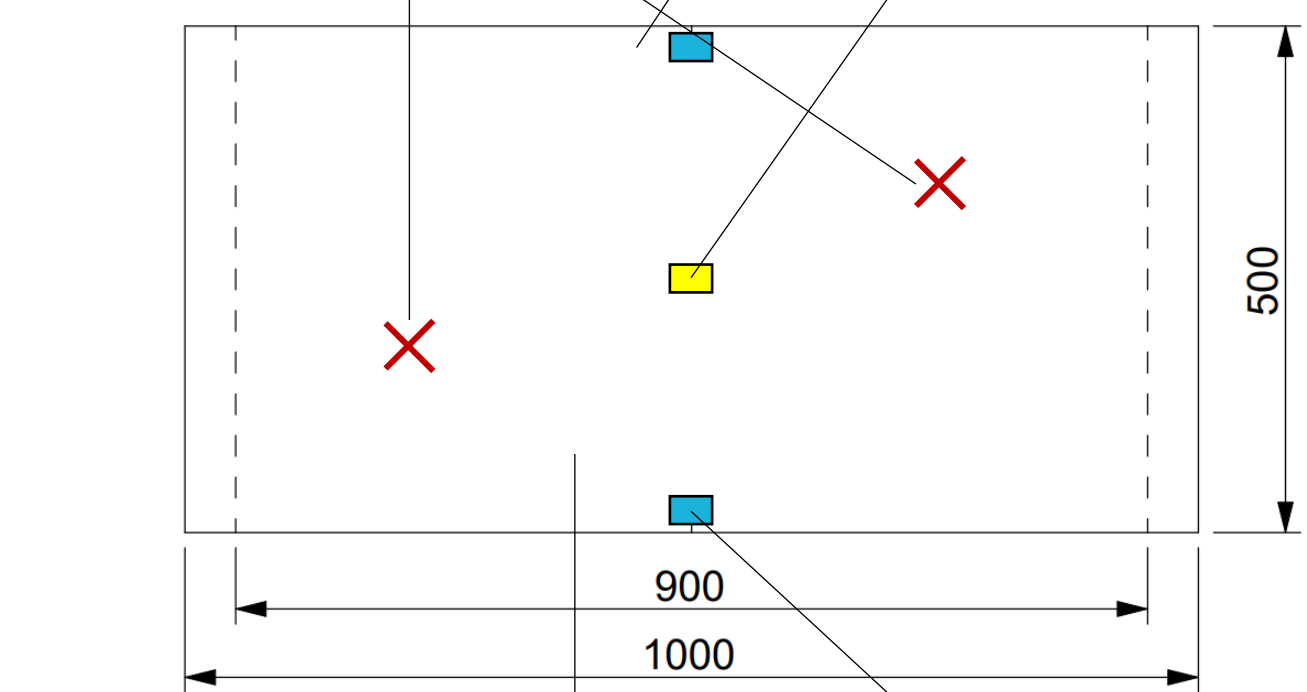
Studenckie Koło Naukowe
„House of Glass”
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska



Obciążenie (2×25 kg)

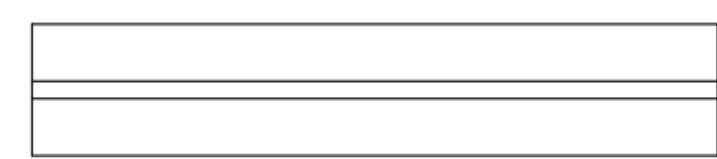
Czujnik
Przemieszczenia
Tensometr

Miejsca
uderzenia

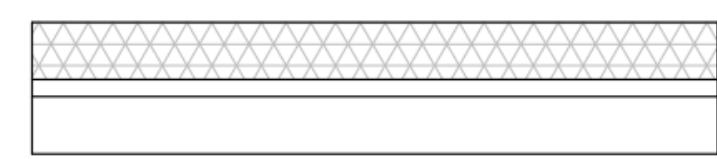


Szkło
Laminowane
88.2 VSG EVA
(AN, TVG, ESG)

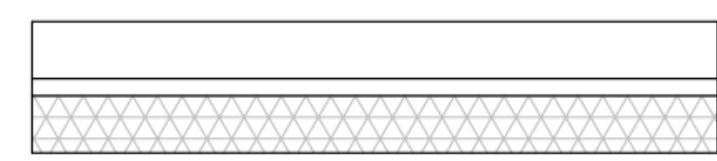
Czujnik
Przemieszczenia



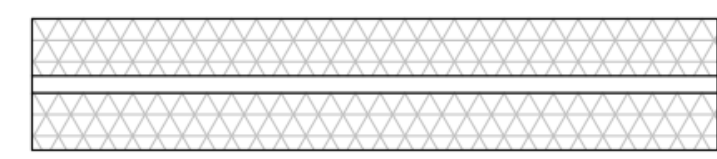
Schemat I



Schemat II



Schemat III

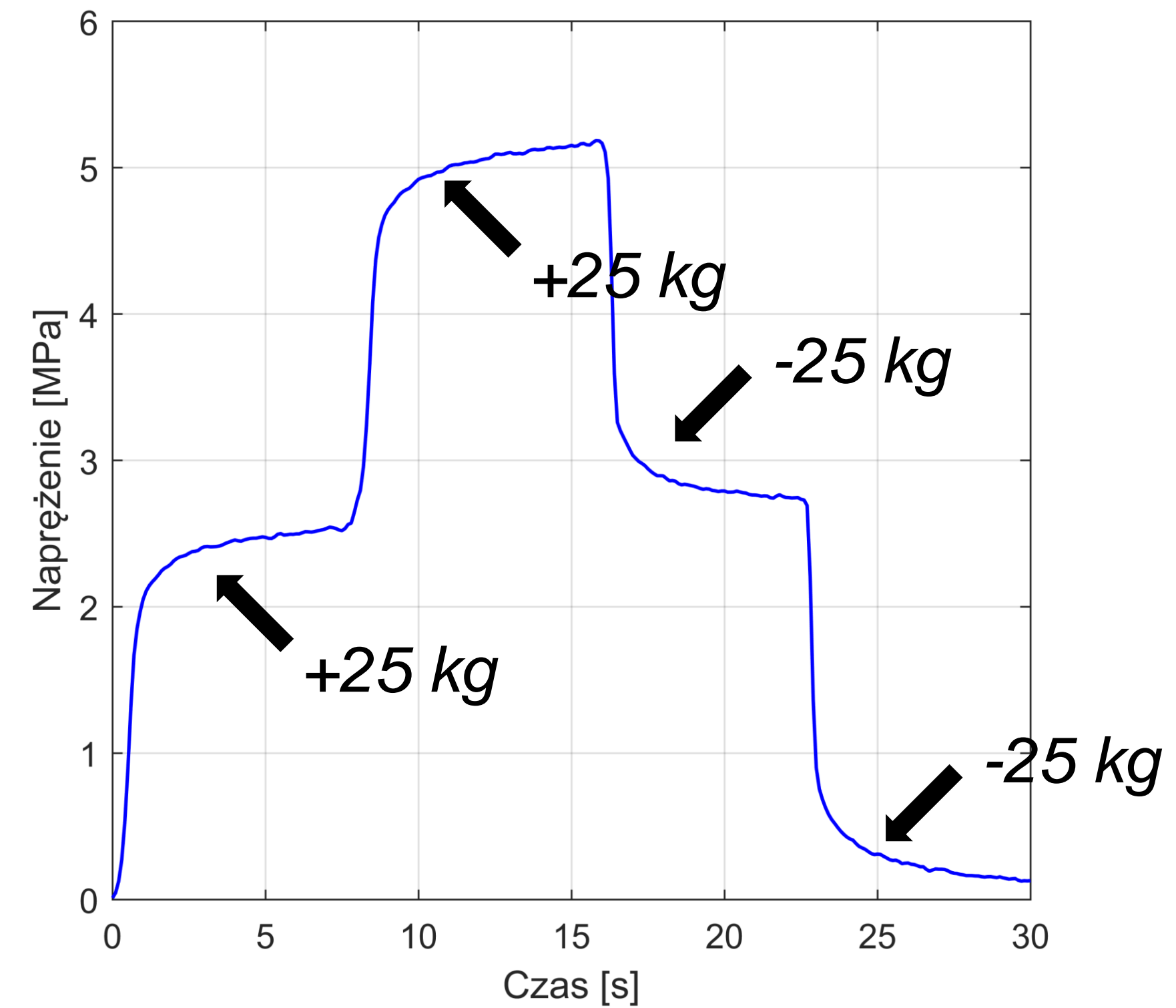
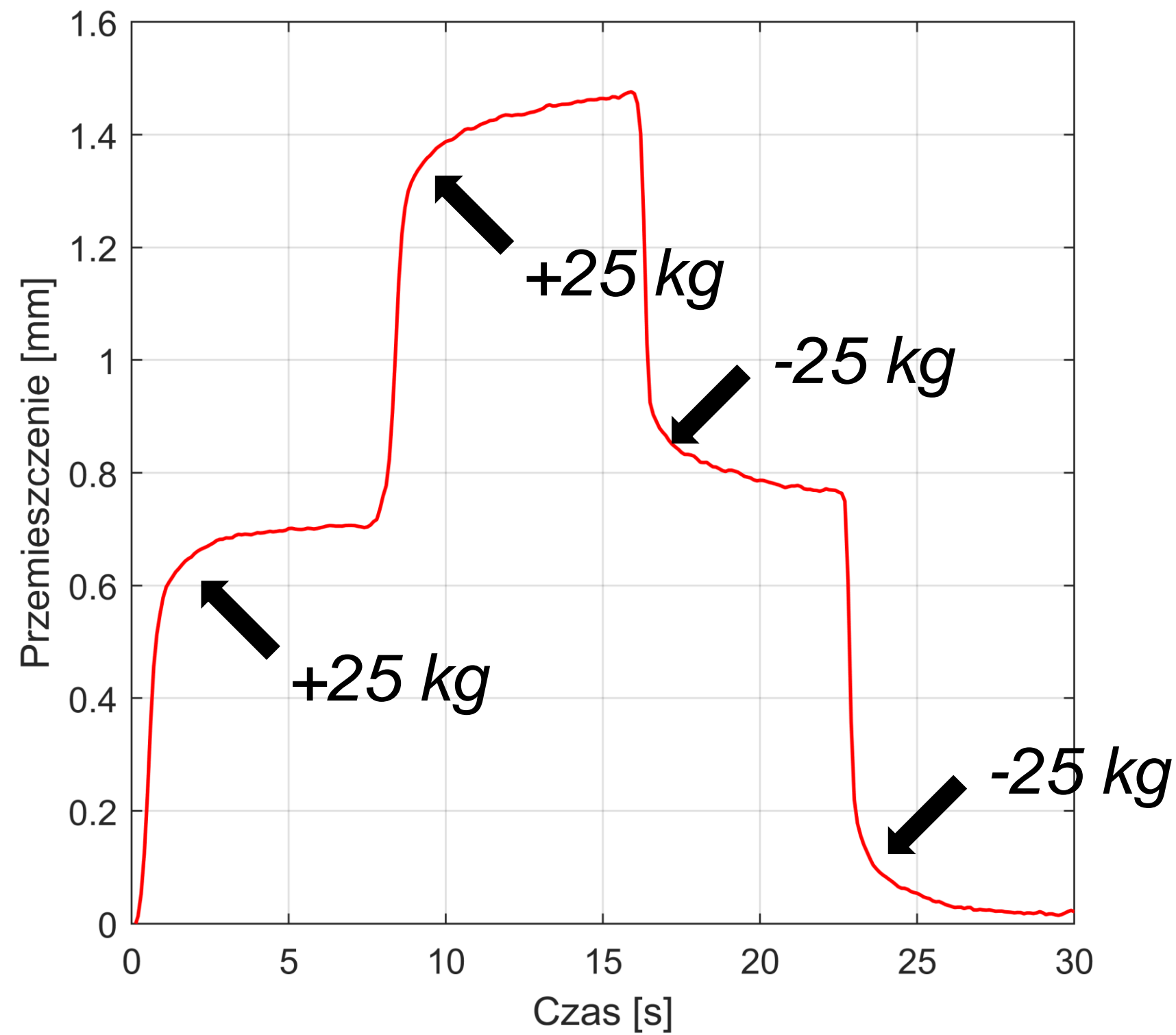
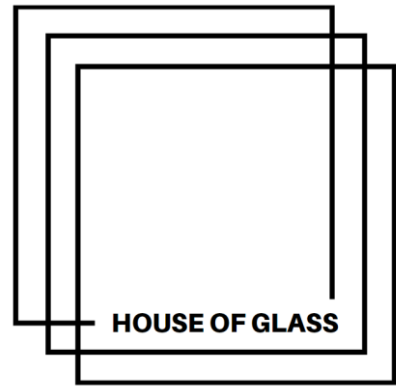


Schemat IV

Źródło: fot. Marcin Kozłowski

BADANIA WŁASNE

Studenckie Koło Naukowe
„House of Glass”

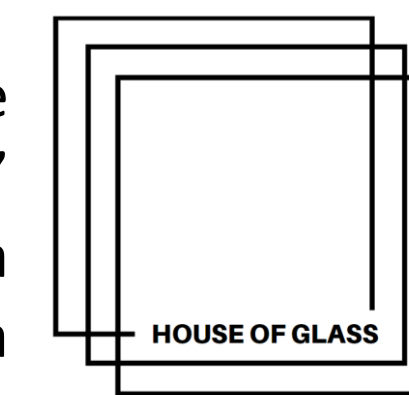


Schemat I

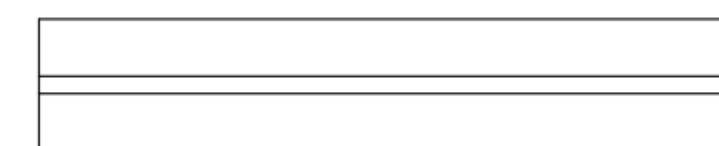
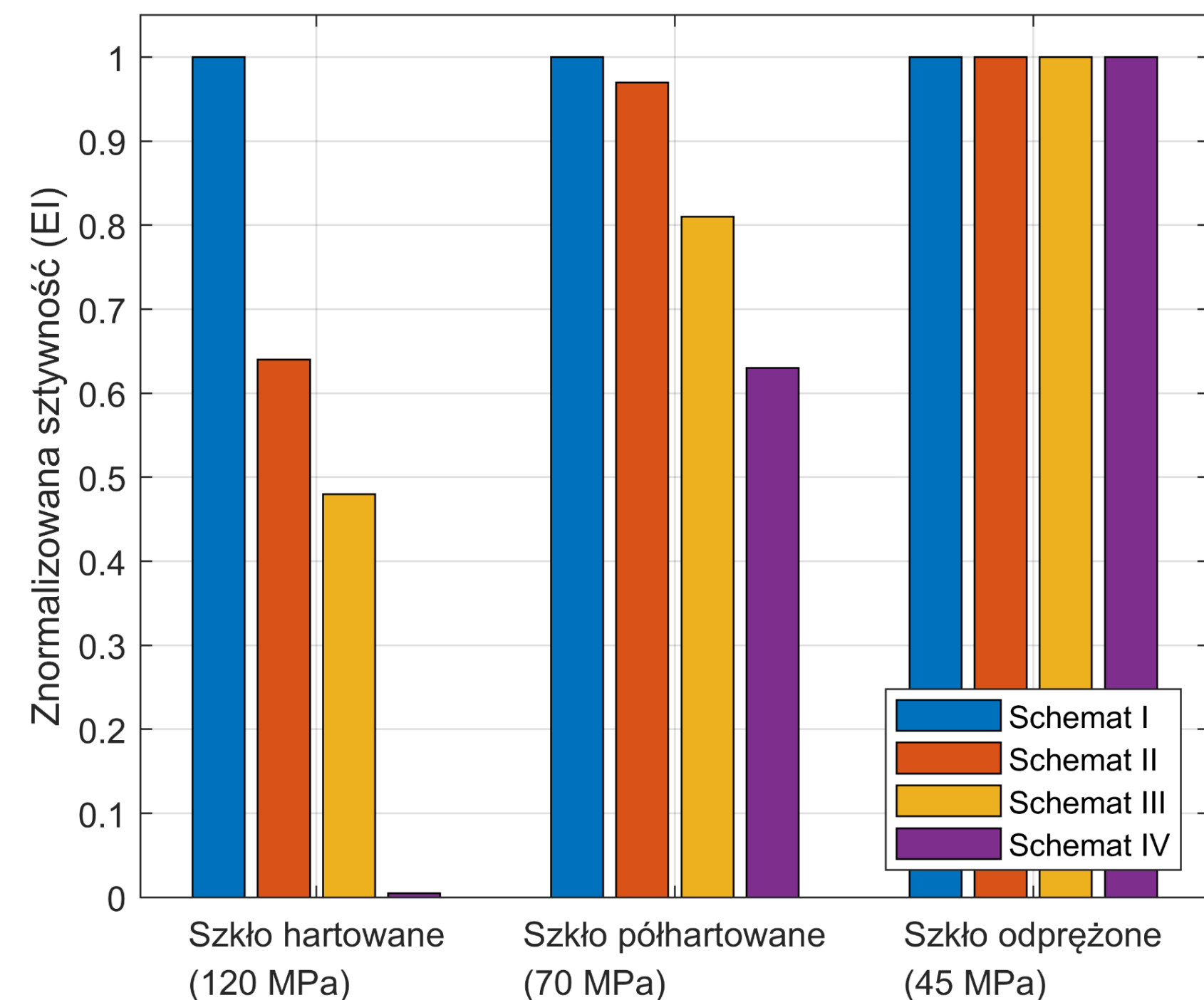
Przemieszczenie \rightarrow EI \rightarrow normalizacja (Schemat I – szkło niezarysowane)

BADANIA WŁASNE

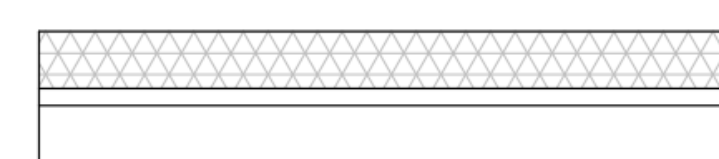
Studenckie Koło Naukowe
„House of Glass”
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska



14



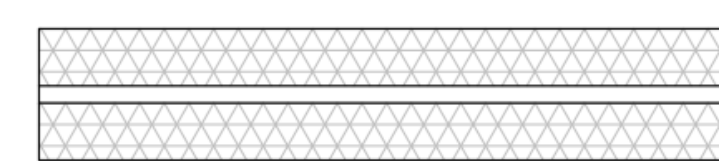
Schemat I



Schemat II



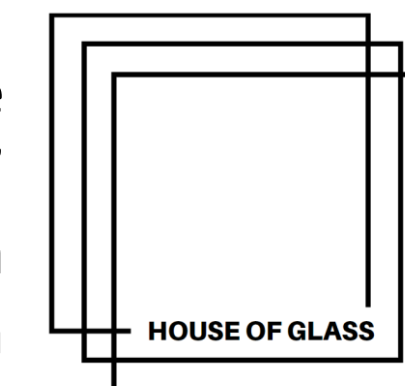
Schemat III



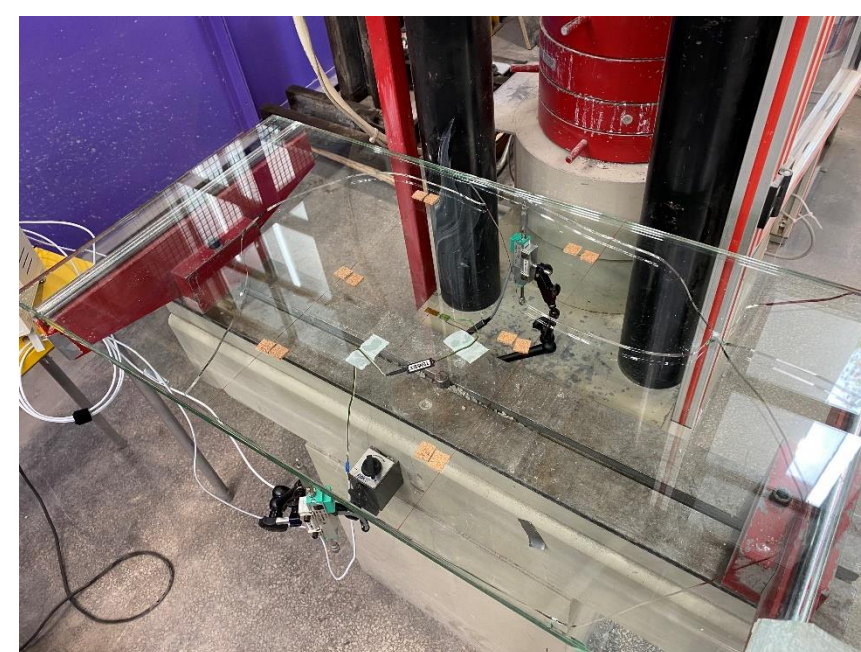
Schemat IV

BADANIA WŁASNE

Studenckie Koło Naukowe
„House of Glass”
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska



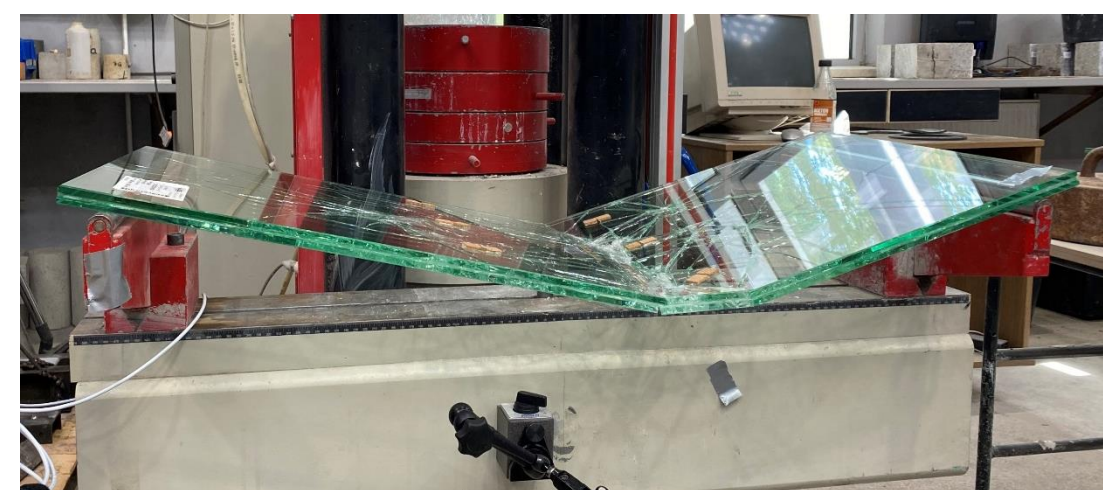
Szkło odprężone



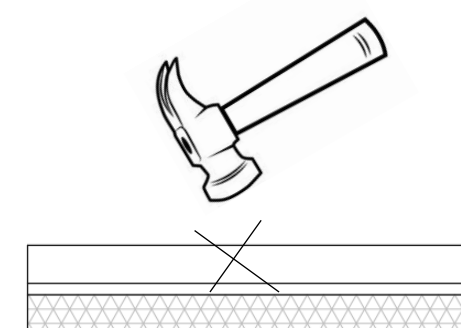
Szkło półhartowane



Szkło hartowane



Szkło odprężone
(13 uderzeń)



Szkło hartowane
(1 uderzenia)

P O L S K I K O M I T E T N O R M A L I Z A C Y J N Y

Komitet Techniczny nr 325 ds. **Projektowania Konstrukcji i Elementów Budowlanych ze Szkła**

Plan działania KT 325:

[...]

Każdy podmiot krajowy zainteresowany daną tematyką ma prawo zgłosić chęć uczestnictwa w KT i po spełnieniu wymogów proceduralnych (procedura Z2-P3 w powiązaniu z Z2-P1) stać się członkiem KT. Każdy członek KT realizuje zadania KT poprzez swoich reprezentantów.

Aktualny skład KT jest podany na stronie www.pkn.pl, w Wykazie OT.

16

Źródło: <https://pzn.pkn.pl/tc/#/information-sheet/9020204820>

FINANSOWANIE

Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego *Innowacyjne rozwiązanie dla szkła laminowanego mocowanego punktowo o zwiększonej nośności po zarysowaniu szkła* finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER XI (2021-2023)

17

NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



Źródło: fot. Marcin Kozłowski

KONTAKT

Dr hab. inż. Marcin Kozłowski, prof. PŚ
Katedra Inżynierii Budowlanej
Wydział Budownictwa
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 5
44-100 Gliwice



Tel.:
+48 506 112 832



E-mail:
marcin.kozlowski@polsl.pl



www.marcinkozlowski.eu