



Politechnika Wrocławska

Projekt HYPACTOR

(i moja inna działalność badawcza)

dr inż. Michał Barcikowski

HyPACTOR

Pre-normative research on resistance to mechanical impact of composite overwrapped pressure vessels

2014-2017

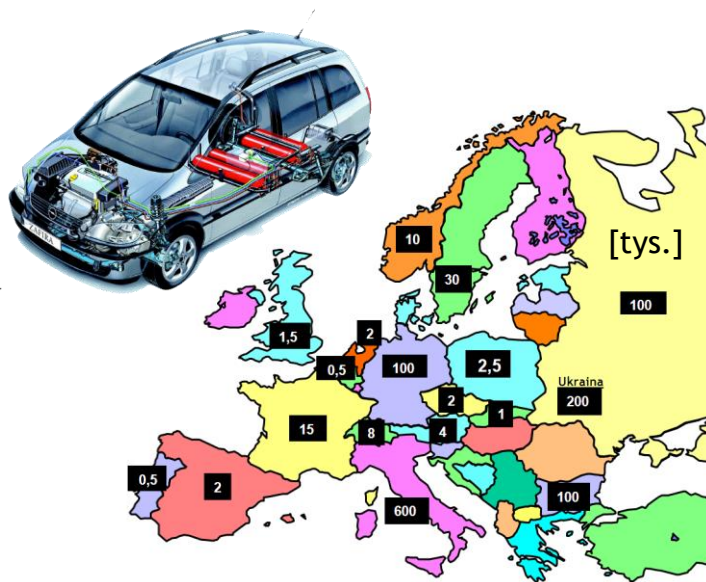


Konsorcjum

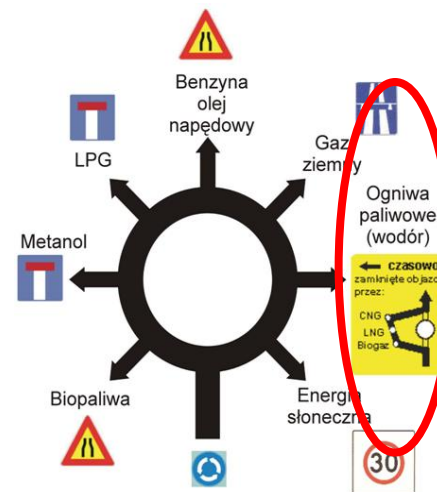


Wyzwania

- Oczekuje się, że wodór będzie cennym nośnikiem energii XXI wieku, .



W Europie jeździ ok. 1,5 mln aut zasilanych metanem,
na świecie ok. 18 mln aut.



Prognoza - w 2020 będzie w Europie ok. 2 mln aut zasilanych wodorem.

Wyzwania

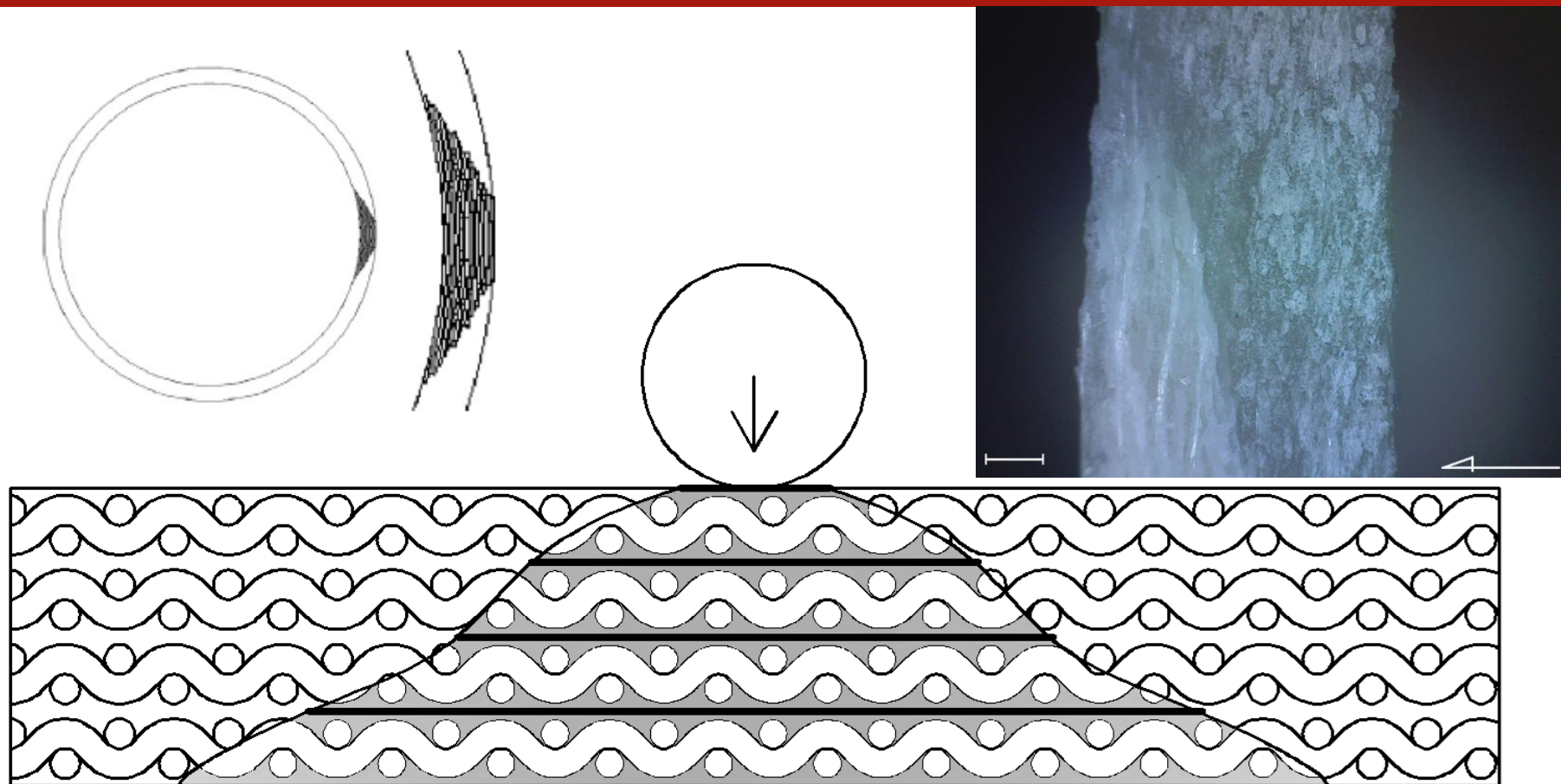
- Wykazanie i maksymalizacja bezpieczeństwa wodoru ułatwi jego społeczną akceptację, a co za tym idzie powszechne użycie jako nośnika energii.
- Wnioski z dotychczasowego użytkowania zbiorników (głównie metalowych) wskazują, że jednym z głównych wyzwań jest odporność na udar.
- Projekt HyPactor ma za zadanie poszerzyć wiedzę o wpływie uderzeń na integralność **kompozytowych** (typ IV) zbiorników ciśnieniowych.



Dlaczego uderzenie?

- Kompozytowe zbiorniki ciśnieniowe podatne są na uszkodzenia wskutek uderzeń (np. kolizji).
- Pochłanianie energii uderzenia powoduje powstawanie uszkodzeń w materiale.
- Istotne jest oszacowanie, jak poważne są uszkodzenia w kompozycie:
 - rozległość uszkodzeń,
 - wytrzymałość poudarowa (pozostała, resztkowa).

Uszkodzenia udarowe w laminatach



Skutki uszkodzeń udarowych dla zbiorników wysokociśnieniowych

- Wyciek gazu ze zbiornika (dekompresja efuzywna)
- Zmniejszenie wytrzymałości na rozerwanie zbiornika
- Zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej zbiornika (cykle napełniania/opróżniania)

Udarność a tolerancja udaru

- Udarność - energia potrzebna do zniszczenia integralności materiału
- Tolerancja udaru - skutki udaru dla materiału przy zachowaniu jego integralności (wielkość uszkodzeń, wytrzymałość resztkowa)
- Te dwie cechy mogą być sobie przeciwstawne! - Obszerniejsze uszkodzenia pochłaniają więcej energii

Przewidywane rezultaty

- Obszerna baza danych eksperymentalnych z opisem uszkodzeń skorelowanych z warunkami udaru dobranymi pod względem ich powagi i prawdopodobieństwa
- Ulepszone modelowanie dla przewidywania osiągnięć resztkowych uderzonych zbiorników
- Rekomendacje dla ciał normalizacyjnych odnośnie zoptymalizowanych strategii zarządzania uderzonymi zbiornikami



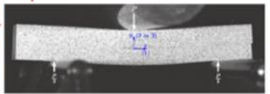
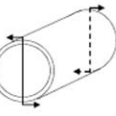
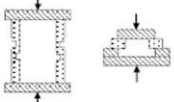
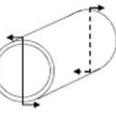
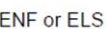
Zakres prac

- Charakteryzacja uszkodzeń powstałych wskutek uderów o różnych parametrach (energia, prędkość, kształt impaktora, miejsce uderzenia) - WP2
- Doraźna i zmęczeniowa wytrzymałość poudarowa (resztkowa) zbiornika - WP3
- Modelowanie wytrzymałości poudarowej - WP3
- Charakteryzacja metod NDT do analizy uszkodzeń w zbiornikach (w czasie eksploatacji) - WP4
- Wypracowanie rekomendacji normatywnych - WP5

Zadania PWr

- Charakteryzacja uszkodzeń:
 - tomografia komputerowa
 - mikroskopia
 - Badania zbiorników
 - na rozrywanie
 - zmęczeniowe i długotrwałe
 - z emisją akustyczną
- 44 zbiorniki 36L
5 zbiorników 255L
12-13 zbiorników 513L
- Kierowanie pakietem WP3
 - Doraźna i zmęczeniowa wytrzymałość poudarowa (resztkowa) zbiornika
 - Modelowanie wytrzymałości poudarowej

Określenie parametrów materiałowych

Mechanical property	Test methods with simple fixtures	Other test methods
E_1	 + back-calculation  (rings or tubes)  (SBS + DIC) Figure: Makeev et al. (2014) [42]	
E_2		
G_{12}		
G_{13}, G_{23}		
χ		
γ		
S_{12}	 	
S_{13}		
S_{23}		
G_{Ic}		
G_{IIc}	 DCB  ENF or ELS	

Team

- prof. dr hab. inż. Jerzy Kaleta - kierownik na PWR
- dr inż. Michał Barcikowski - koordynator na PWR, koordynator WP3
- mgr inż. Agnieszka Małdachowska - EA i CT
- dr inż. Maciej Panek - EA
- dr inż. Paweł Gąsior - badanie zbiorników
- mgr inż. Radosław Rybczyński - badanie zbiorników
- mgr Krzysztof Plaminiak - manager finansowy

Program Review 2015

- 2-dniowe spotkanie w siedzibie FCH JU (Fuel Cell and Hydrogen. Joint Undertaking) w Brukseli decydujące o dalszym być albo nie być projektu
- 25-26 listopada 2015
- Oficer projektu wymaga kompletu dokumentów na koniec października 2015



Pierwsze wyniki - 5 kJ

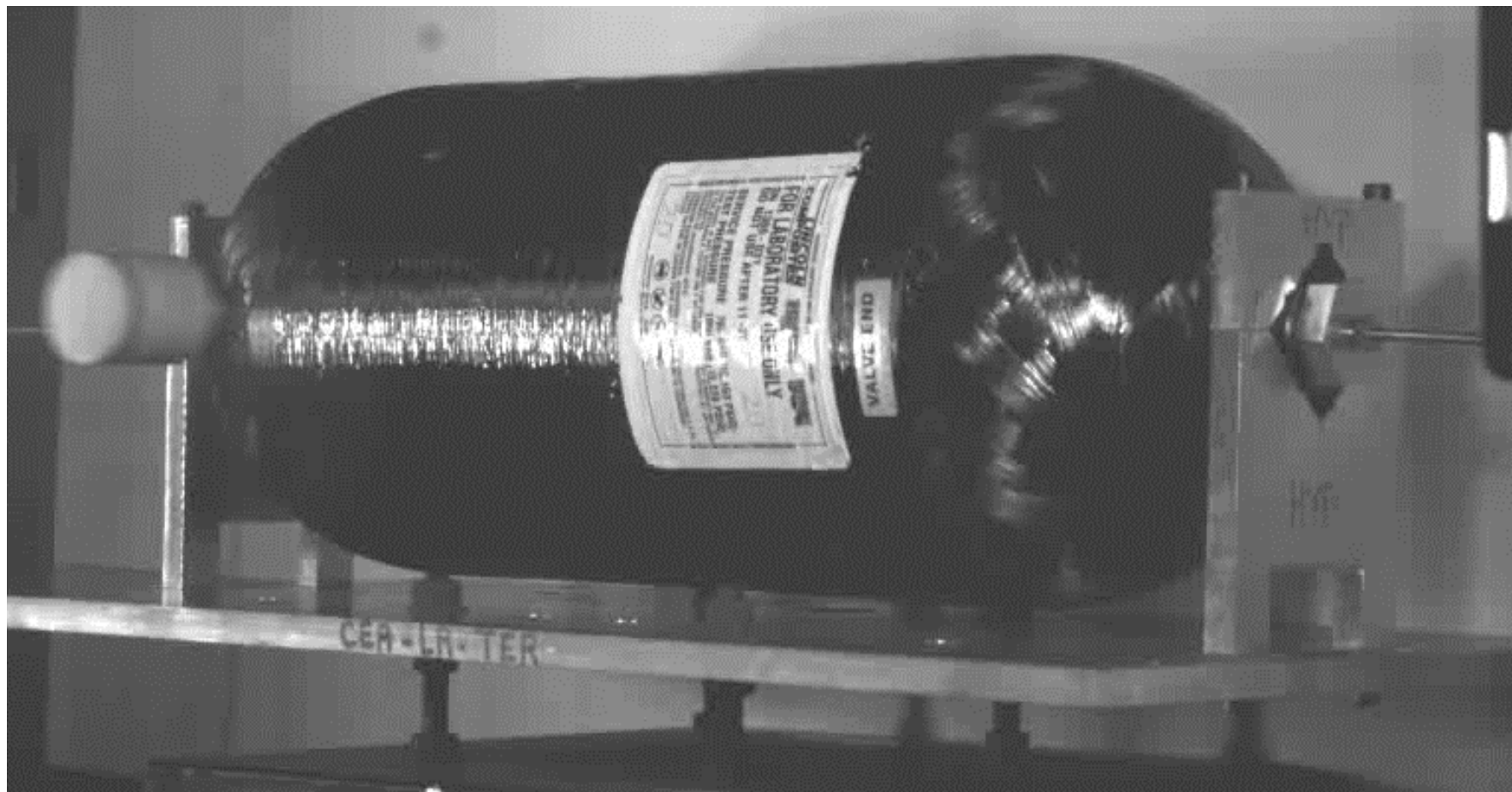
(c) Hypactor Project [JTI GA 621194]
CEA Impact with pneumatic canon (5kJ)

Pierwsze wyniki - 6 kJ





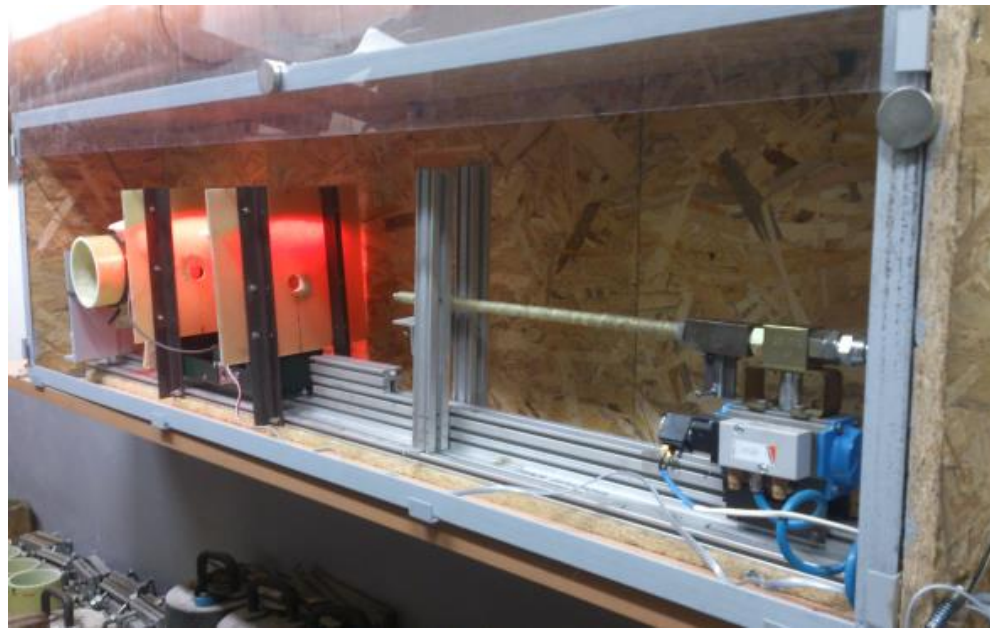
Pierwsze wyniki 10 kJ





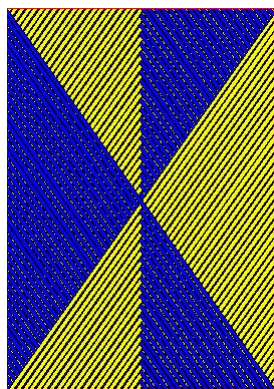
BADANIA WŁASNE

Uszkodzenia udarowe w kompozytowych strukturach nawijanych

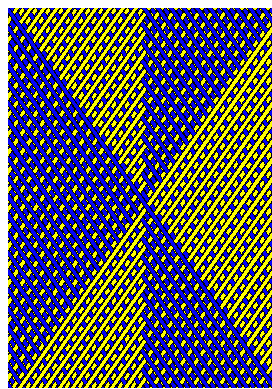


Odporność uderowa kompozytowych struktur nawijanych

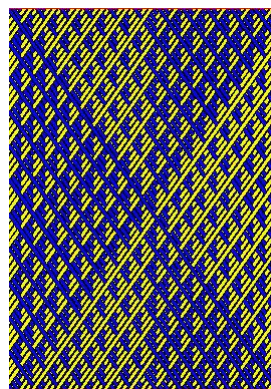
- Zbadanie wielkości uszkodzeń uderowych w zależności od struktury nawoju:
 - szerokość wiązki włókien
 - wzór mozaikowy
 - miejsce na wzorze



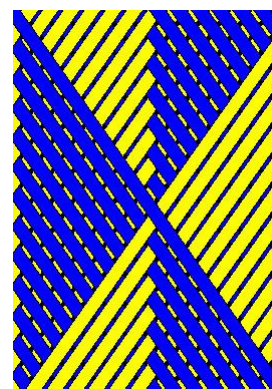
Nr 1/41



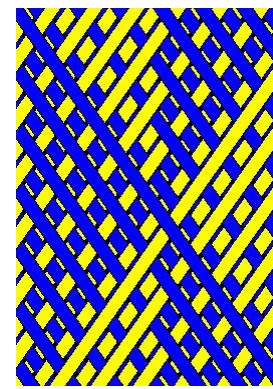
Nr 2/41



Nr 4/41



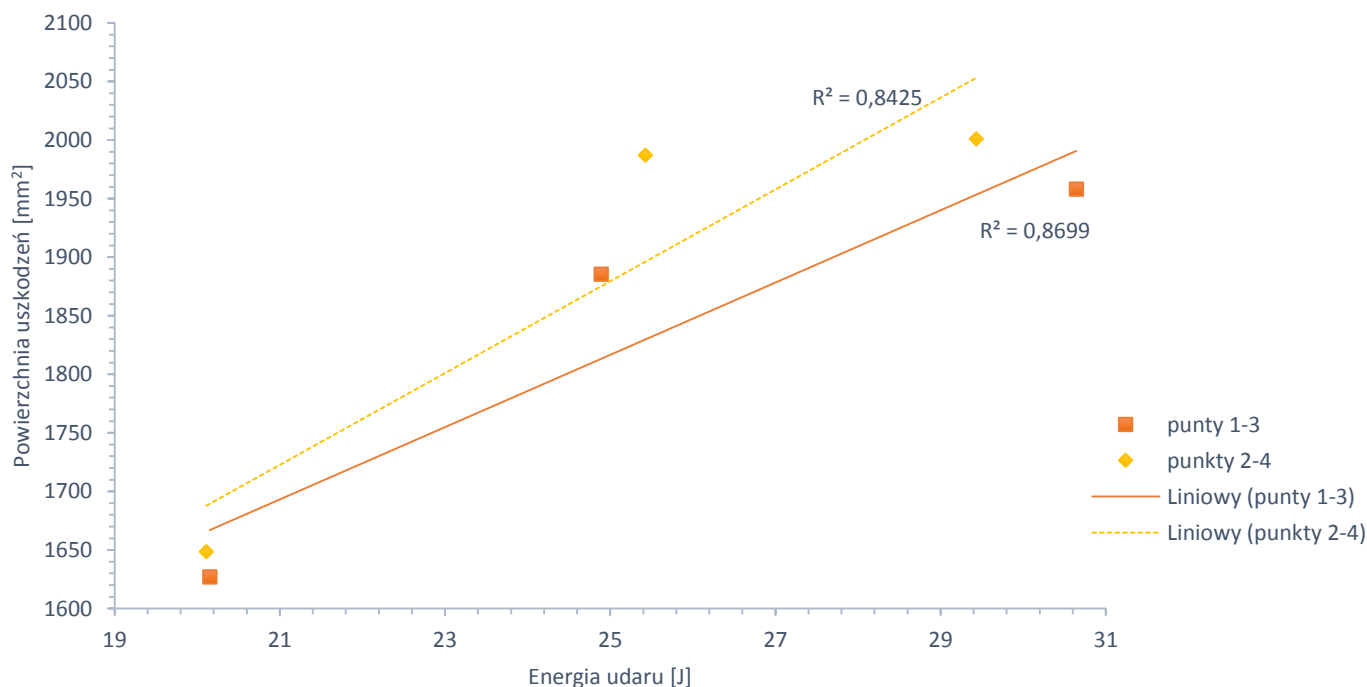
Nr 1/13



Nr 2/13

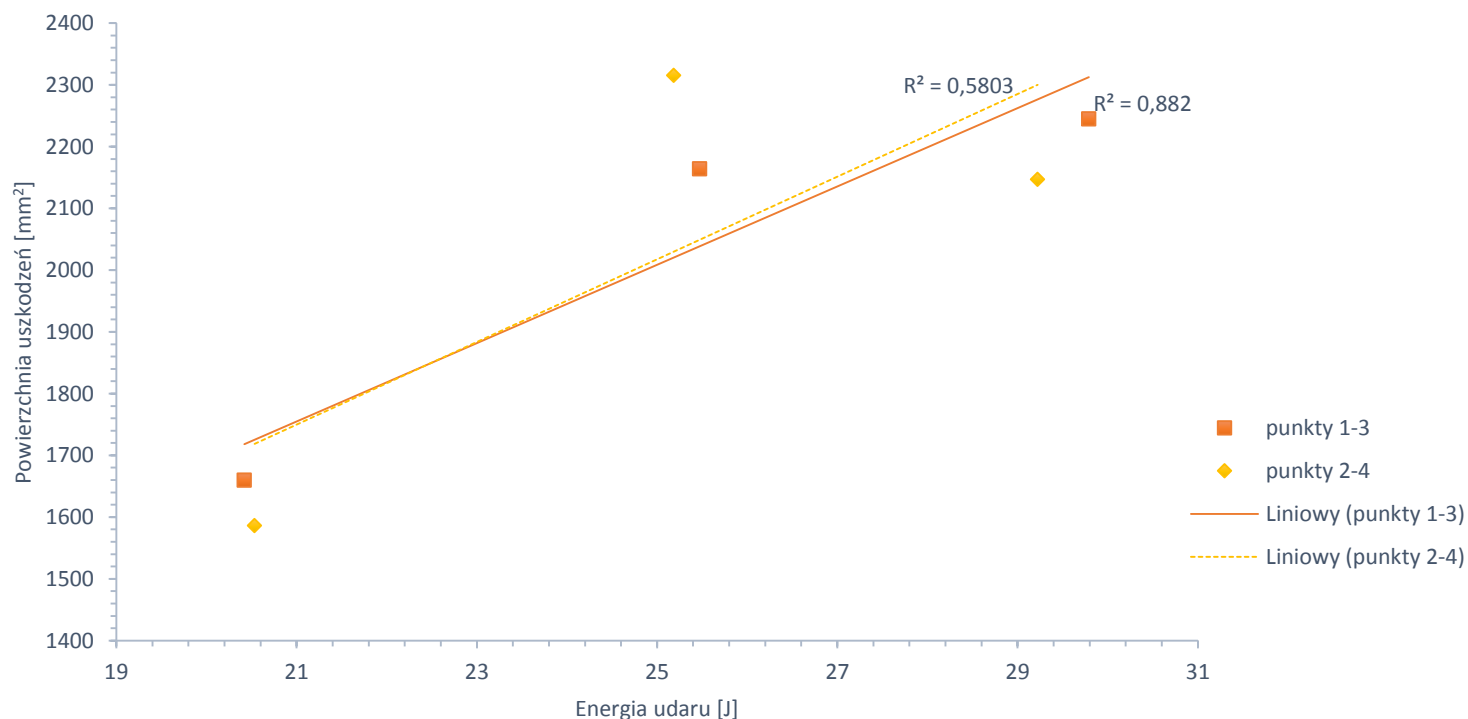
Wpływ miejsca uderu

- Porównanie średnich powierzchni uszkodzeń w zależności od energii uderu dla dwóch różnych punktów trafienia struktury **N_r1** o szerokości wiązki **5 mm**



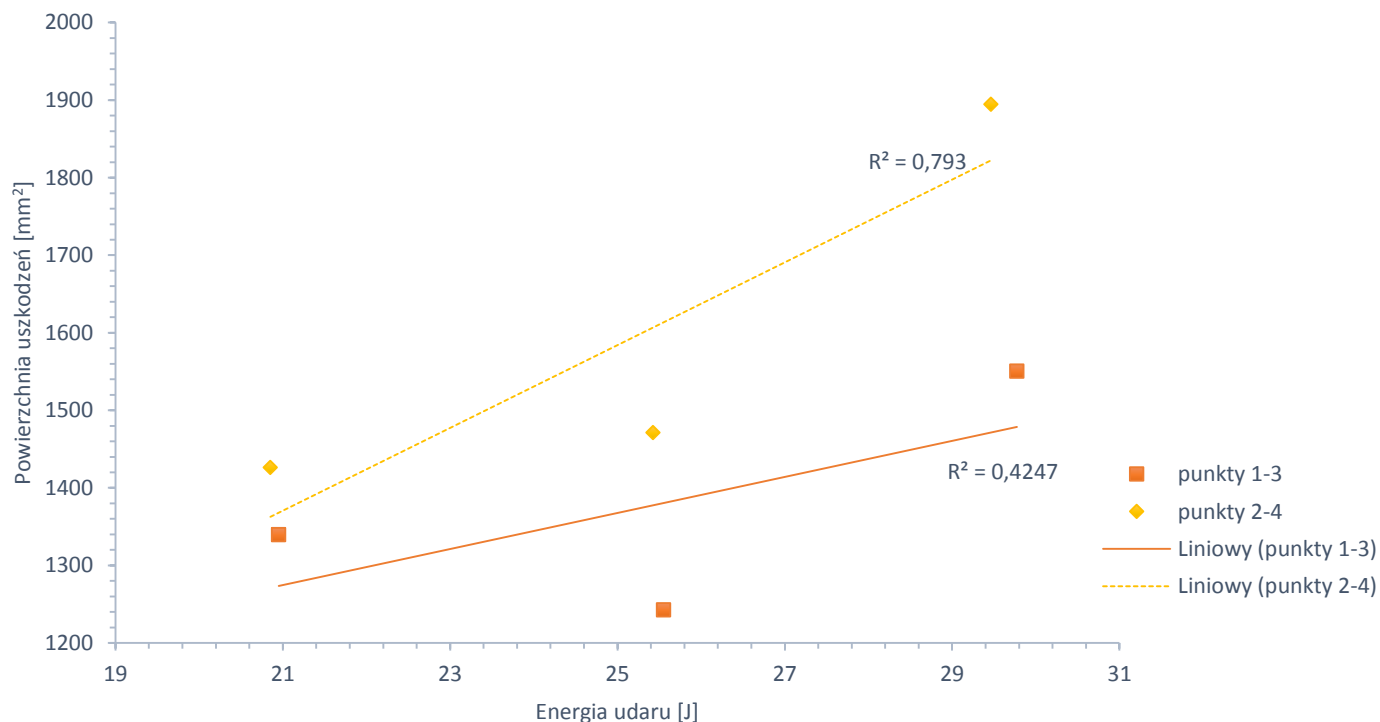
Wpływ miejsca uderu

- Porównanie średnich powierzchni uszkodzeń w zależności od energii uderu dla dwóch różnych punktów trafienia struktury N_r2 o szerokości wiązki 5 mm



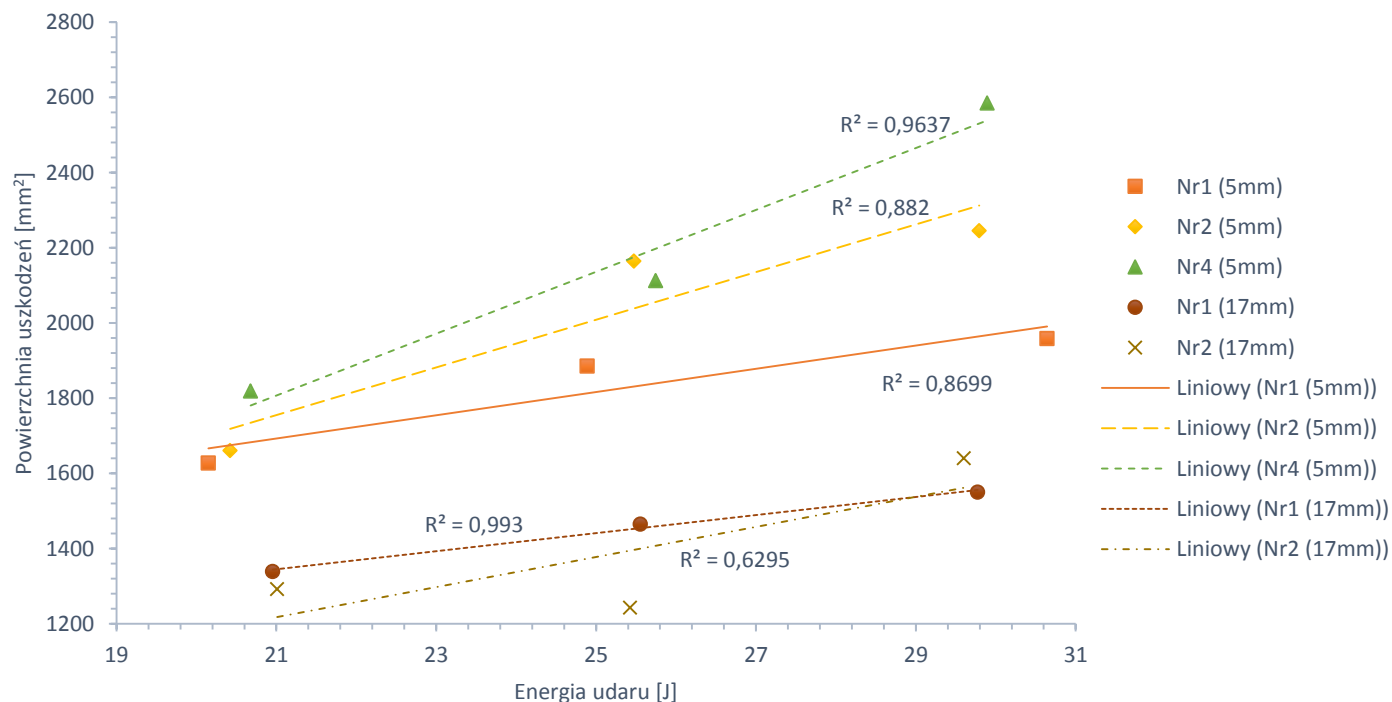
Wpływ miejsca uderu

- Porównanie średnich powierzchni uszkodzeń w zależności od energii uderu dla dwóch różnych punktów trafienia struktury **N_r1** o szerokości wiązki **17 mm**



Wpływ struktury

- Porównanie średnich powierzchni uszkodzeń w zależności od energii uderu dla dwóch jednakowych punktów trafienia (1 i 3) wszystkich struktur



Obecne prace dyplomowe

- Projekt i wykonanie kompozytowej formy do wytwarzania metodą RTM kompozytów polimerowych do celów badawczych
- Badania wytrzymałości na ścinanie międzywarstwowe nawijanych kompozytów polimerowych
- Ocena komparatywna wytrzymałości na ścinanie międzywarstwowe płaskich laminatów epoksydowo-szklanych badanych różnymi metodami

Współpraca z dr Pauliną Mayer z K12 - dwa tematy:

- Badania właściwości mechanicznych wielowarstwowych kompozytów polimerowych otrzymanych metodą infuzji.
- Badania właściwości mechanicznych wielowarstwowych kompozytów polimerowych otrzymanych metodą laminowania ręcznego



Pokrycia proadhezyjne na włókna wzmacniające

Pokrycia otrzymywane metodą sol-gel we współpracy z
dr inż. J. Krzak i mgr inż. A. Szczurek

Pokrycia proadhezyjne na włókna wzmacniające

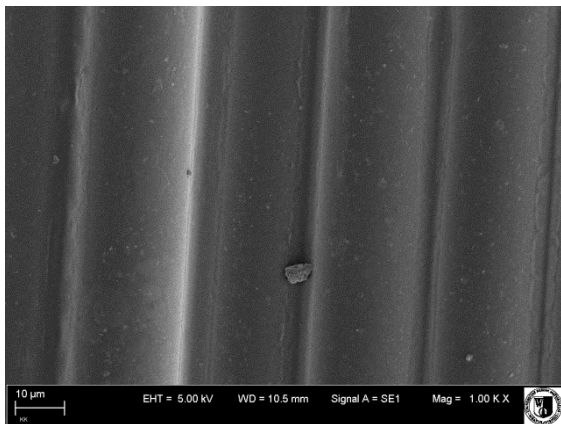


Figure 1. A SEM micrograph of glass fibers with coating made of MtMOS and TMOS as precursors.

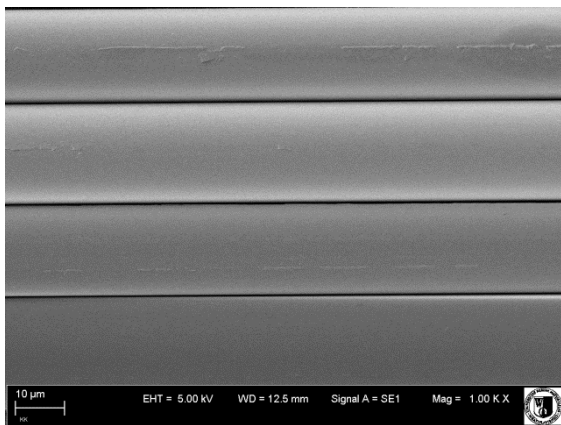


Figure 2. A SEM micrograph of glass fibers with coating made of EtEOS as precursor.

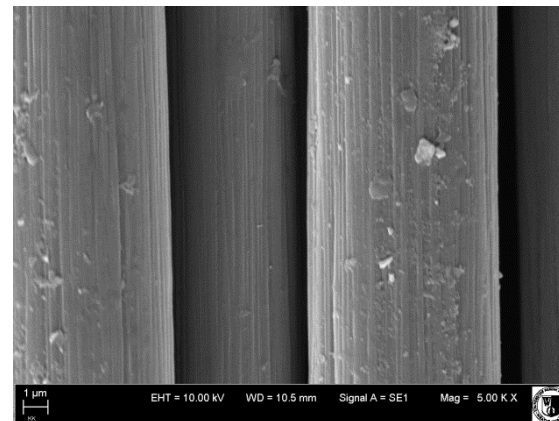


Figure 3. A SEM micrograph of carbon fibers with coating made of EtEOS as precursor.

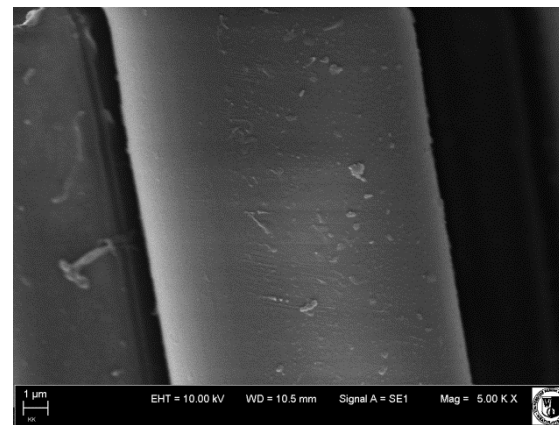
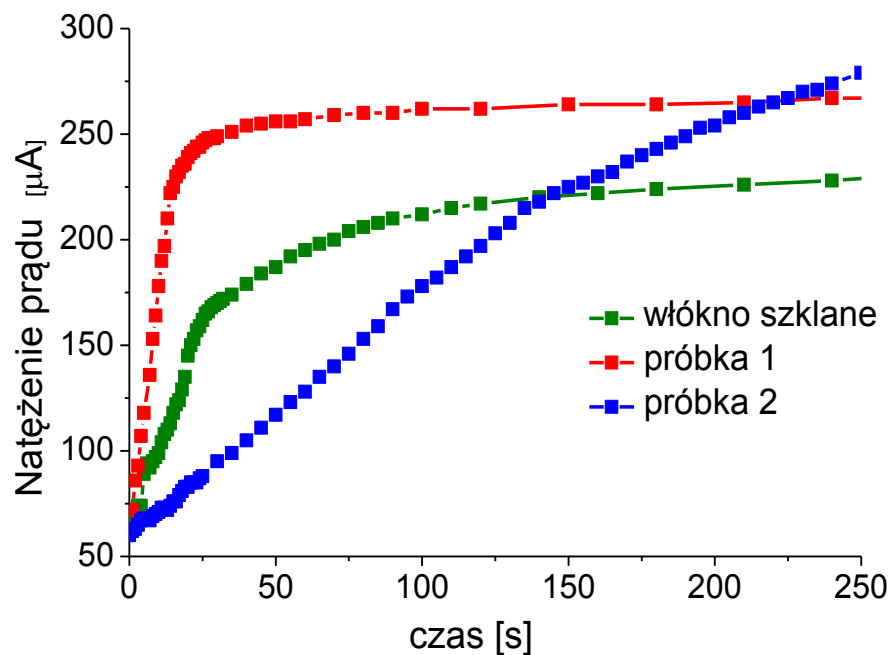


Figure 4. A SEM micrograph of aramid fibers with coating made of EtEOS as precursor.

Zwilżanie włókien szklanych przez żywicę

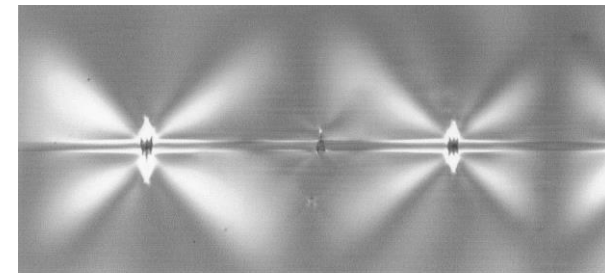
- Elektrooptyczne badanie procesu zwilżania



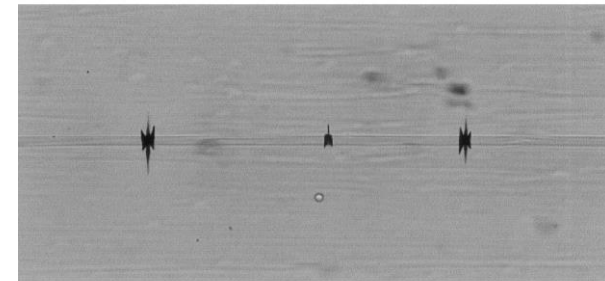
- Kąt zwilżania metodą tensjometryczną

Badanie adhezji włókno-żywica

- Metoda fragmentacji włókna
- Obserwacje mikroskopowe pull-outu (wyciąganie włókien z żywicy)
- Badanie wytrzymałości na ścinanie międzywarstwowe



(a)



(b)



Inne zamierzenia badawcze

Interesujące tematy badawcze

- Wpływ modyfikacji pękania żywicy na osiągi zbiorników:
 - tolerancję udaru
 - wytrzymałość zmęczeniową
- Ceramiczno-kompozytowe osłony balistyczne oryginalnego pomysłu - warstwa ceramiczna w postaci żywicy wysokonapełnionej cząstkami twardej ceramiki (korund, karborund)



Dziękuję za uwagę