



# Politechnika Wroclawska



AB 710



## NOWE TRENDY I DOŚWIADCZENIA ZWIĄZANE Z BADANIAMI TAŚM PRZENOŚNIKOWYCH I POŁĄCZEŃ

prof. dr hab. inż. Monika HARDYGÓRA

dr hab. inż. Ryszard Błażej, prof. uczelni

dr inż. Mirosław BAJDA, dr inż. Dariusz Woźniak

XXVIII Sympozjum FTT Wolbrom S.A. „Kierunki Rozwoju i Doświadczenia  
w Zakresie Transportu Tasmowego”, 25-26.05.2023 Zakopane



# Standardowe badania właściwości fizyko-mechanicznych



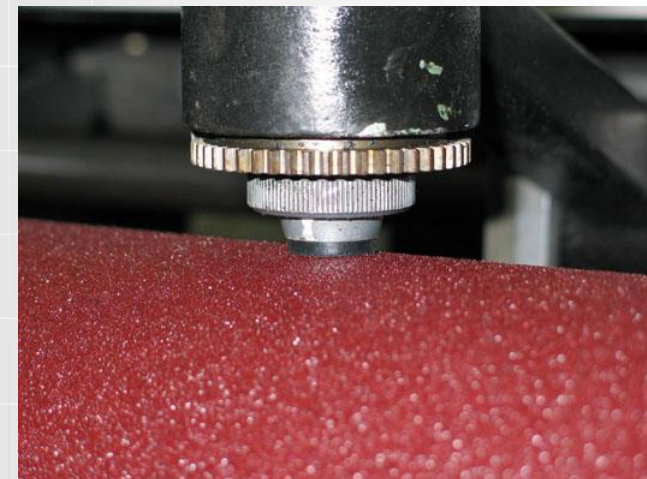
Wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenia



Wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenia gumy okładkowej



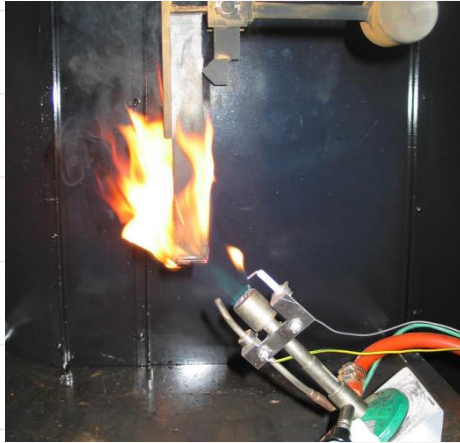
Wytrzymałość na rozwarstwianie



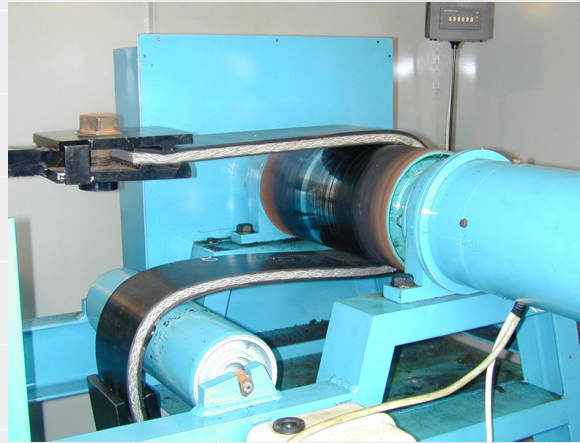
Badanie odporności na ścieranie

# Badania palności taśm przenośnikowych

metodą płomieniową, tarcia na bębnie, gorącej płyty, sztolni modelowej, rusztu propanowego i wskaźnika tlenowego



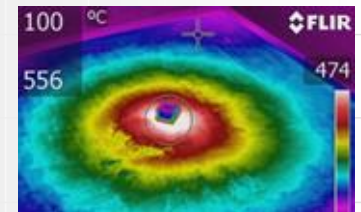
Metoda płomieniowa



Bęben cierny



Gorąca płyta



Sztolnia modelowa



Ruszt propanowy



Wskaźnik tlenowy

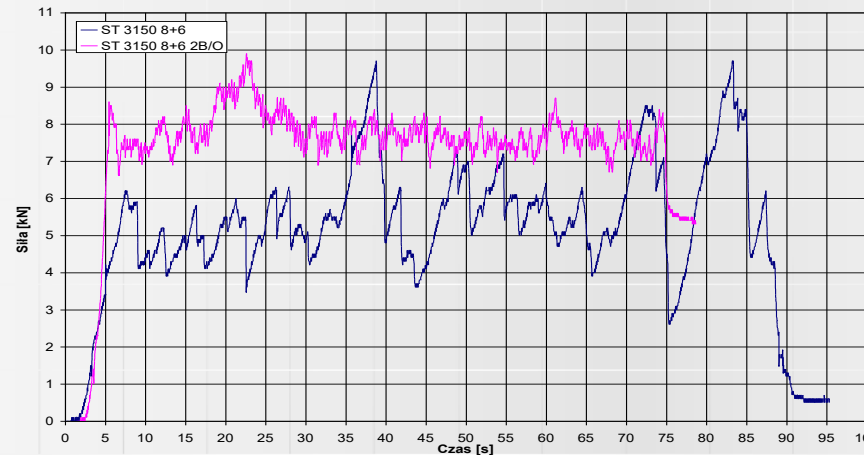
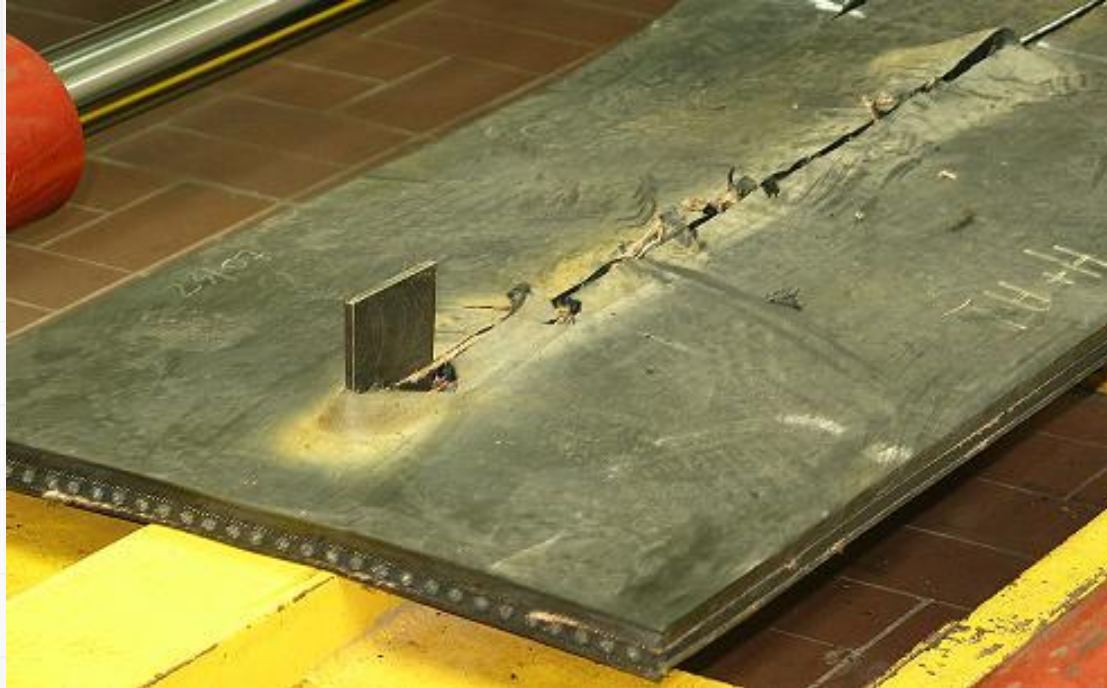
# Badania niestandardowe

– badania odporności taśm na przebicie



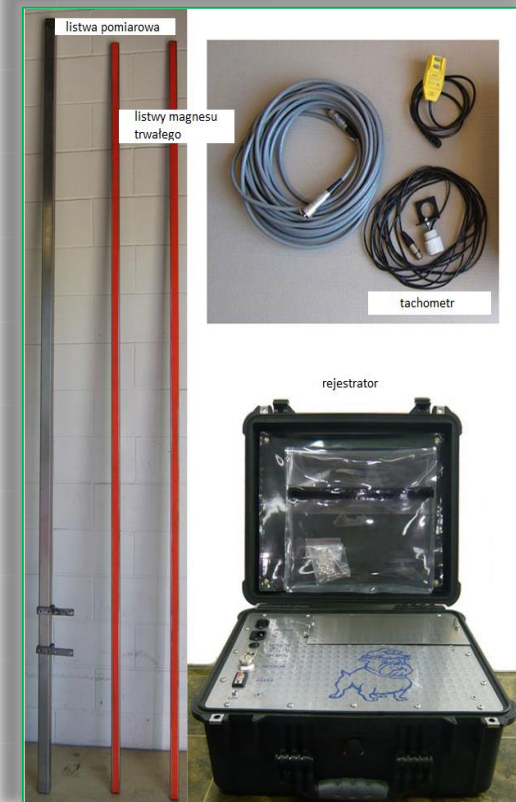
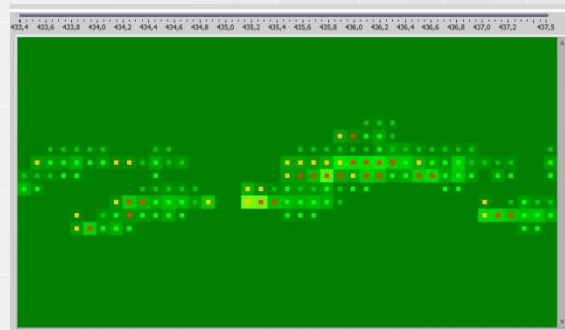
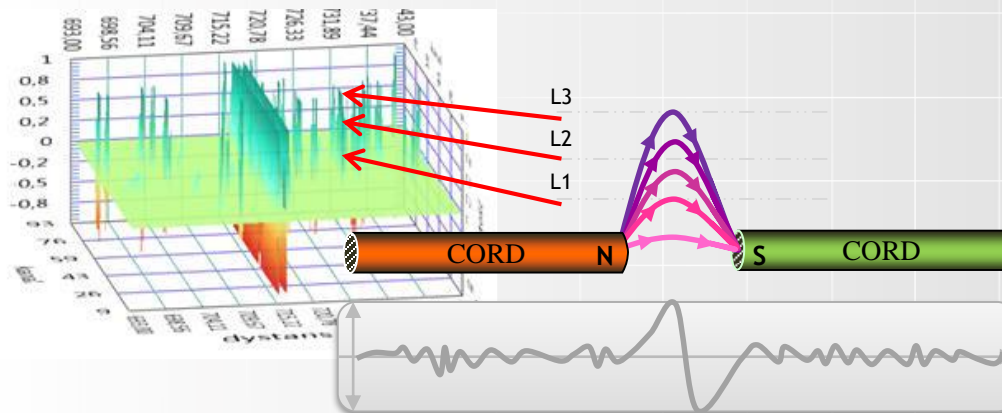
# Badania niestandardowe

– badania odporności taśm na przecięcie wzdłużne



# Badania nieniszczące – Diagnostyka taśm przenośnikowych

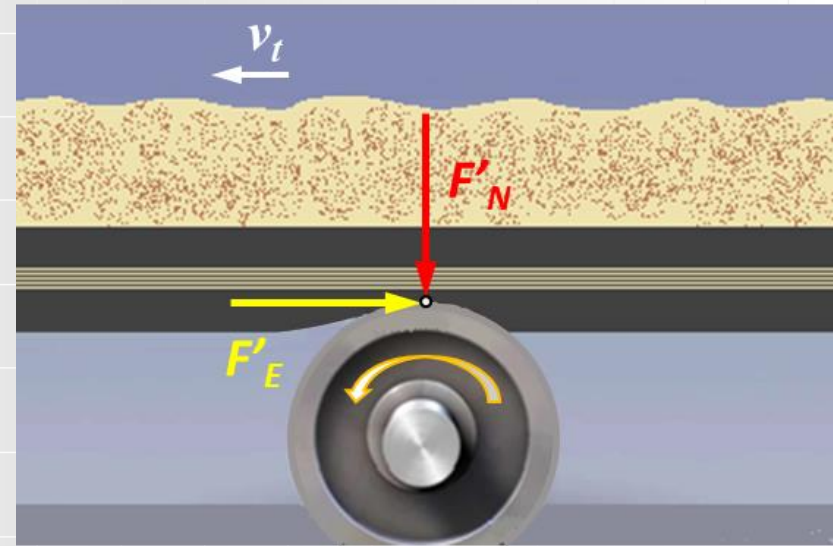
Metoda badań magnetycznych (NDT) polega na pomiarze i rejestrowaniu zmian pola magnetycznego, powstających w miejscach nieciągłości (uszkodzeń) namagnesowanych linek stalowych rdzenia taśm.



# Badania taśm energooszczędnych

- czynniki wpływające na opory toczenia taśmy po krążnikach

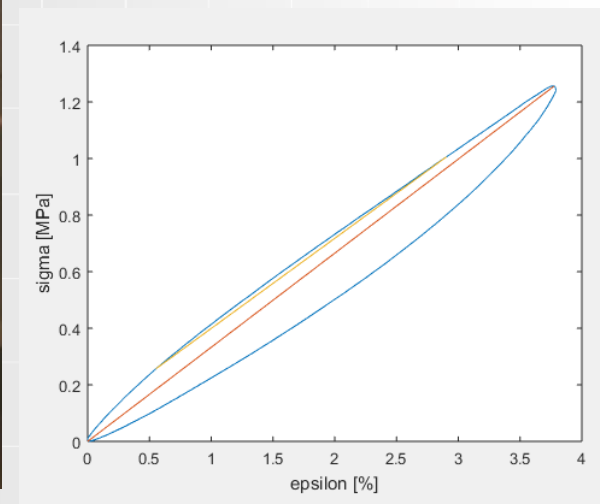
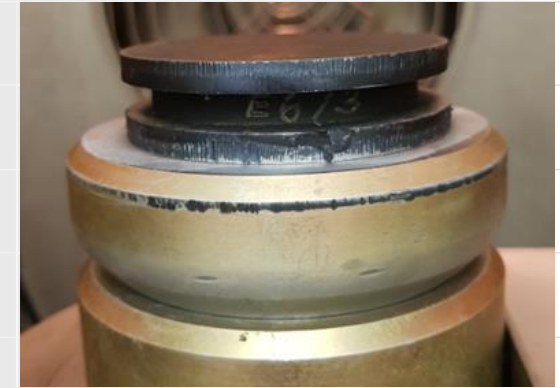
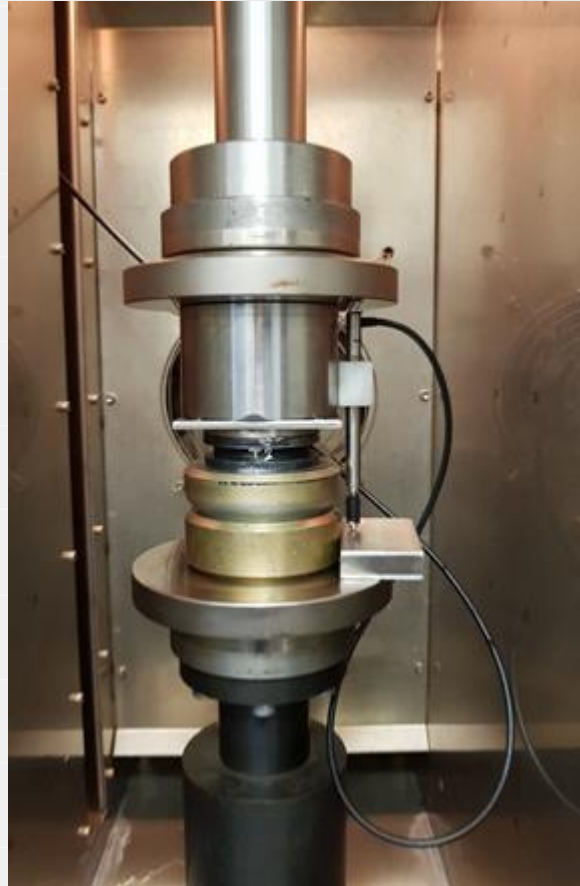
- właściwości okładki bieżnej
- grubość okładki i konstrukcja rdzenia
- średnica krążnika
- prędkość i częstość przejazdu krążnika po taśmie (częstość wgniatania)
- temperatura otoczenia
- obciążenie krążnika



## Trójetapowe podejście w badaniu taśm energooszczędnych

# Badania taśm energooszczędnych - ETAP 1

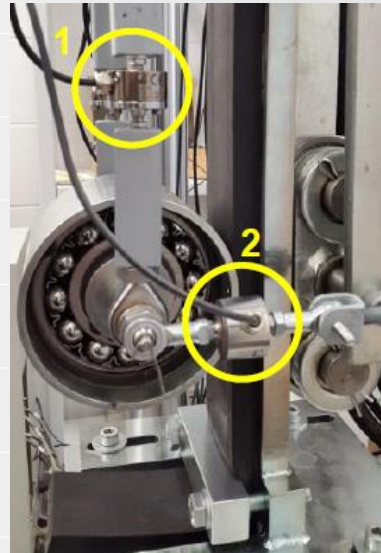
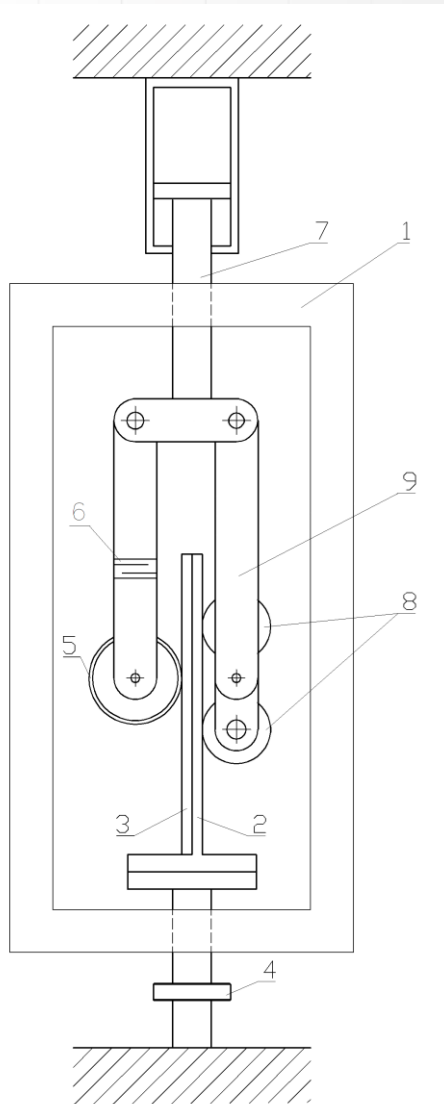
## Badania właściwości sprężystych gumy na okładkę bieżną taśmy przy cyklicznych obciążeniach ściskających





# Badania taśm energooszczędnych - ETAP 2

## Nowa metoda pomiaru oporu toczenia w małej skali

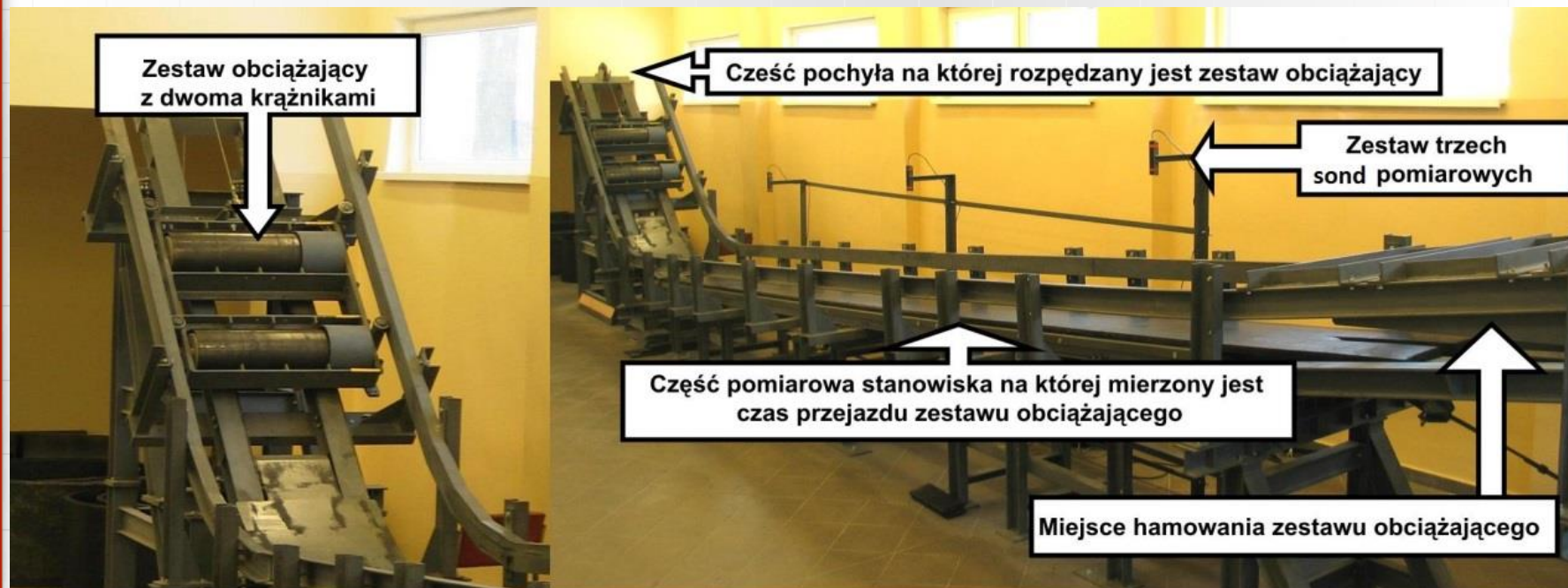


1. Komora termiczna
2. Uchwyt próbki
3. Próbkę taśmy (bez okładki nośnej)
4. Czujnik siły
5. Krążnik ( $f_i = 108 \text{ mm}$ )
6. Czujnik siły
7. Siłownik
8. Rolki prowadzące
9. Ramiona



# Badania taśm energooszczędnych - ETAP 3

## Badania oporów toczenia metodą równi pochyłej



Widok stanowiska do pomiaru oporu toczenia taśmy po krążnikach w LTT PWr



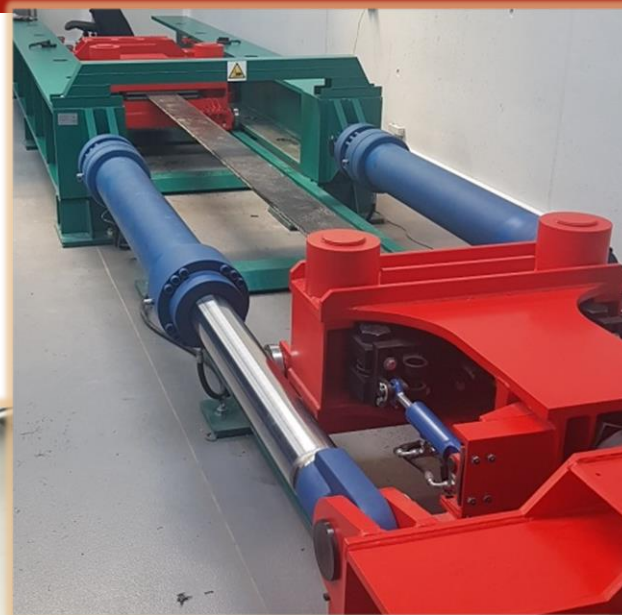
# BADANIA LABORATORYJNE ZŁĄCZY

Laboratorium LTT prowadzi badania parametrów wytrzymałościowych połączeń taśm przenośnikowych, zgodnych z normami **PN-C-94147**, **EN-ISO 1120**, **DIN 22110-3** oraz według **własnych metod badawczych**, które obejmują oznaczenie:

- wytrzymałości na rozciąganie połączenia – metodą statyczną i **dynamiczną**,
- wytrzymałości na rozwarstwienie i ścinanie spoiny klejowej,
- wytrzymałości adhezyjne linek do warstwy gumy rdzeniowej oraz okładek,
- rozkładu naprężeń w spoinie klejowej na całej długości połączenia (**metoda LTT**),
- prognozy trwałości zmęczeniowej połączeń (**metoda LTT**).



# Ocena wytrzymałości złącz na rozciąganie metodami statyczną i dynamiczną





## Rzwoj metod badań połączy taśm przenośnikowych w LTT *Statyczna próba rozciągania połączeń*



**ZP-100** jest obecnie jedynym i największym urządzeniem testowym tego typu w Polsce, na którym można zbadać wytrzymałość połączenia o pełnej jego długości wynoszącej 8,0 m.

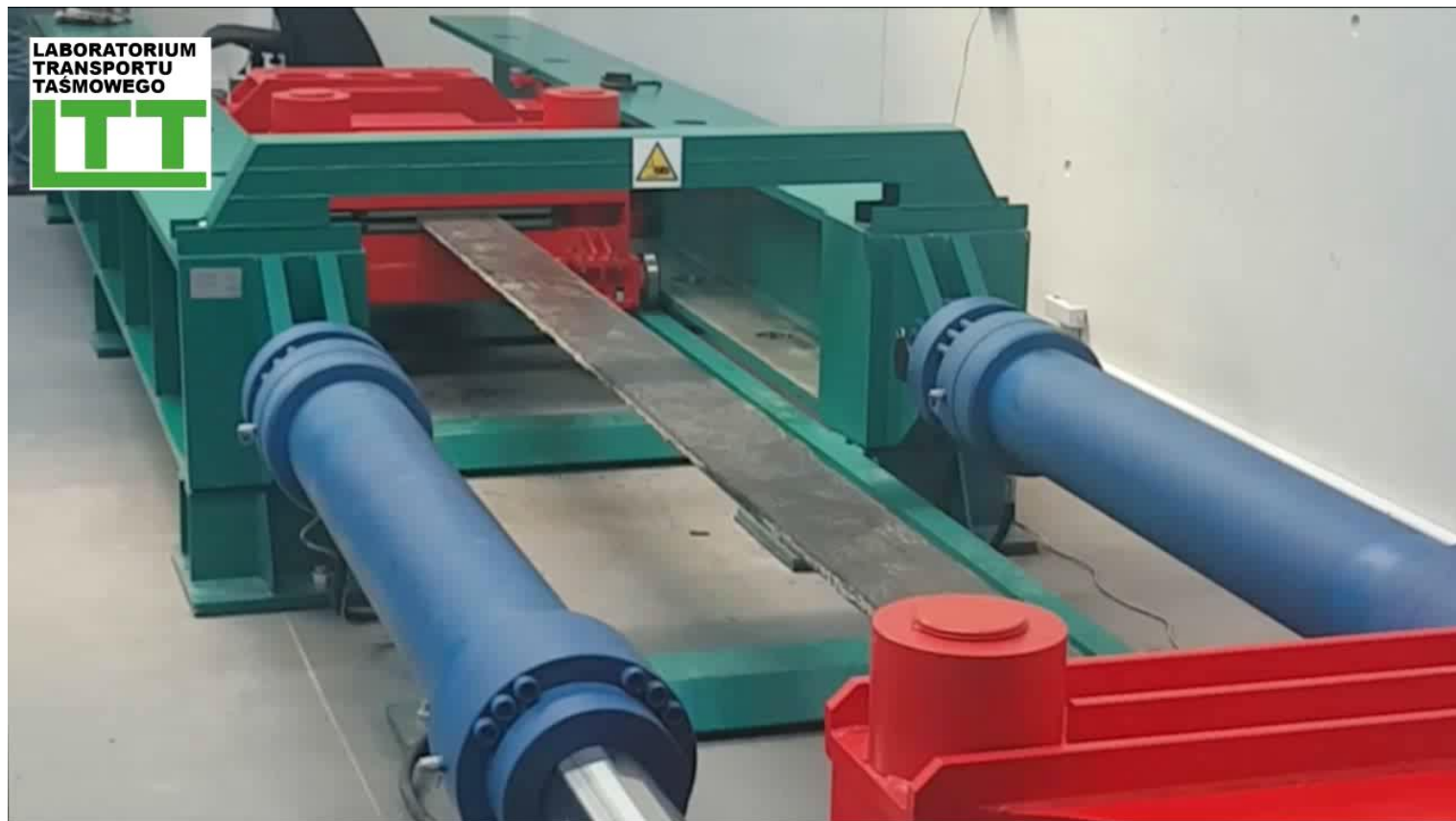
**ZP 40** - na tym stanowisku w LTT do końca 2018 roku badano wszystkie połączenia. Ze względu na swoje ograniczenia konstrukcyjne możliwe było badanie próbek połączeń taśm o wytrzymałości nominalnej do 4000 kN/m, całkowitej długości połączenia 4,0 m i szerokości 0,2 m.

**ZP-100** – uruchomiono w 2019, można badać połączenia taśm o wytrzymałości do 7800 kN/m. Dzięki możliwości zastosowania siły rozciągającej o wartości 1000 kN, możliwe stało się zwiększenie szerokości próbki badanego połączenia do 0,5 m.



# Rzeczony metod badań połączeń taśm przenośnikowych w LTT

## *Statyczna próba rozciągania połączeń*





# Rozwój metod badań połączeń taśm przenośnikowych w LTT

## Statyczna próba rozciągania połączeń

Tabela 1. Wyniki badań połączeń taśm z linkami stalowymi

Lp.	Przyczyna obniżonej wytrzymałości	Udział w ogólnej liczbie połączeń o obniżonej wytrzymałości, %
1.	Zbyt niska adhezja gumy rdzeniowej do linek w taśmie	12
2.	Niskie właściwości materiałów wulkanizacyjnych	6
3.	Błędy wykonawcze:	82
	- Zły schemat ułożenia linek w złączu	48
	- Brak czystości na obszarze połączenia	24
	- Złe parametry wulkanizacji	10

Tabela 2. Wyniki badań połączeń taśm tekstylnych

Lp.	Przyczyna obniżonej wytrzymałości	Udział w ogólnej liczbie połączeń o obniżonej wytrzymałości, %
1.	Różne właściwości wytrzymałościowe tączonych taśm	16
2.	Niskie właściwości materiałów wulkanizacyjnych	10
3.	Błędy wykonawcze:	74
	- Szorstkowanie przekładek	38
	- Przecięcie przekładek	23
	- Złe parametry wulkanizacji	13

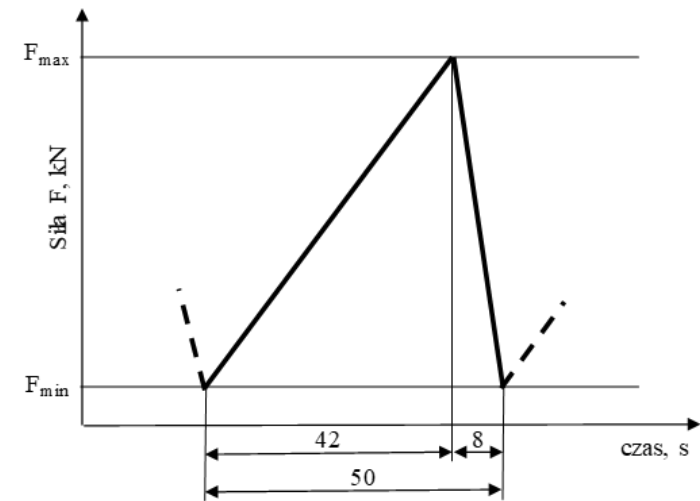
# Rzówj metod badañ połączyñ taśm przenośnikowych w LTT

## *Badania zmęczeniowe połączyñ DIN 22110-3*



Stanowisko do badañ dynamicznej wytrzymałości zmęczeniowej połączyñ

- Bębny o średnicach 1000, 1250, 1500 mm,
- Płynna regulacja prędkości do 12 m/s,
- Obciążenie do 1000 kN,
- Możliwość testowania połączyñ taśm o wytrzymałości do 5400 kN/m.



Przebieg siły w czasie w trakcie badañ dynamicznych połączyñ





# Rozwój metod badań połączeń taśm przenośnikowych w LTT

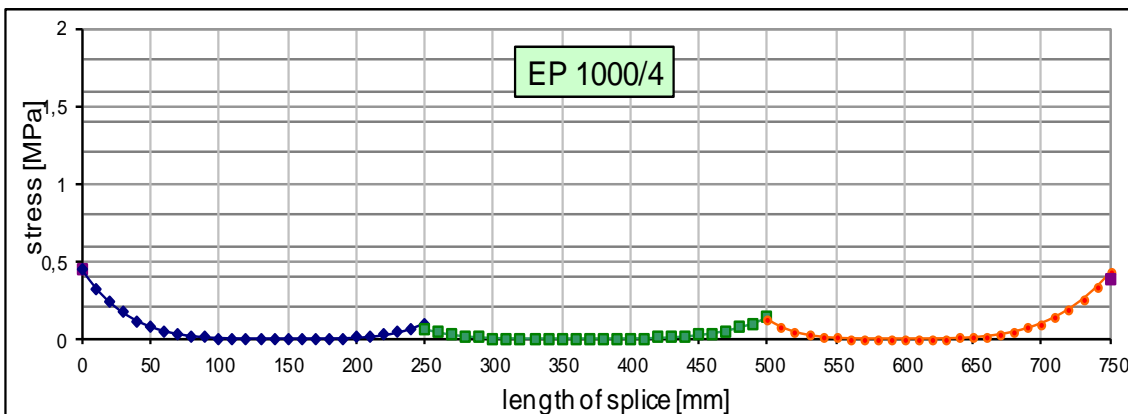
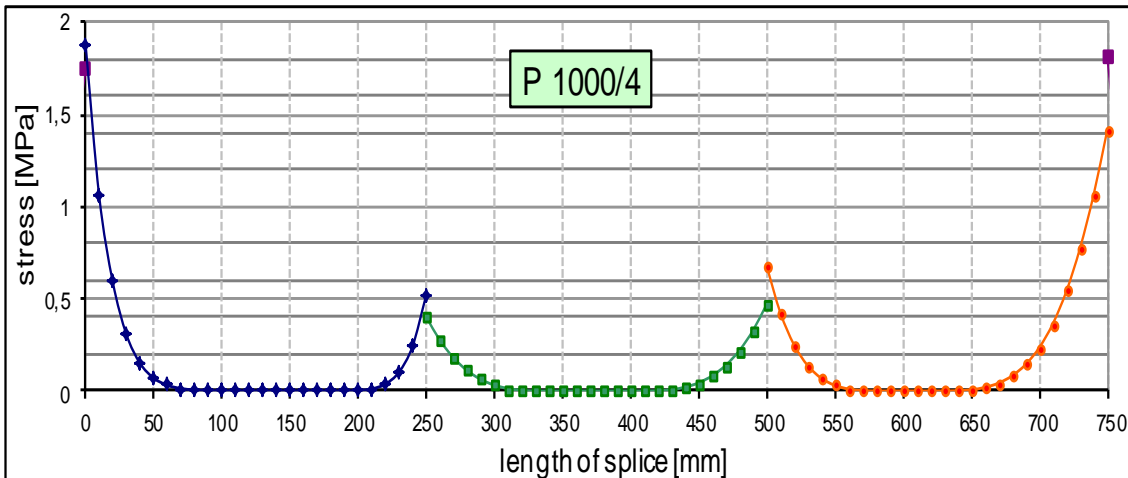
## *Badania zmęczeniowe połączeń DIN 22110-3*





# Rzwoj metod badań połążeń taśm przenośnikowych w LTT

## *Badanie naprężeń w spoinie klejowej złączy*



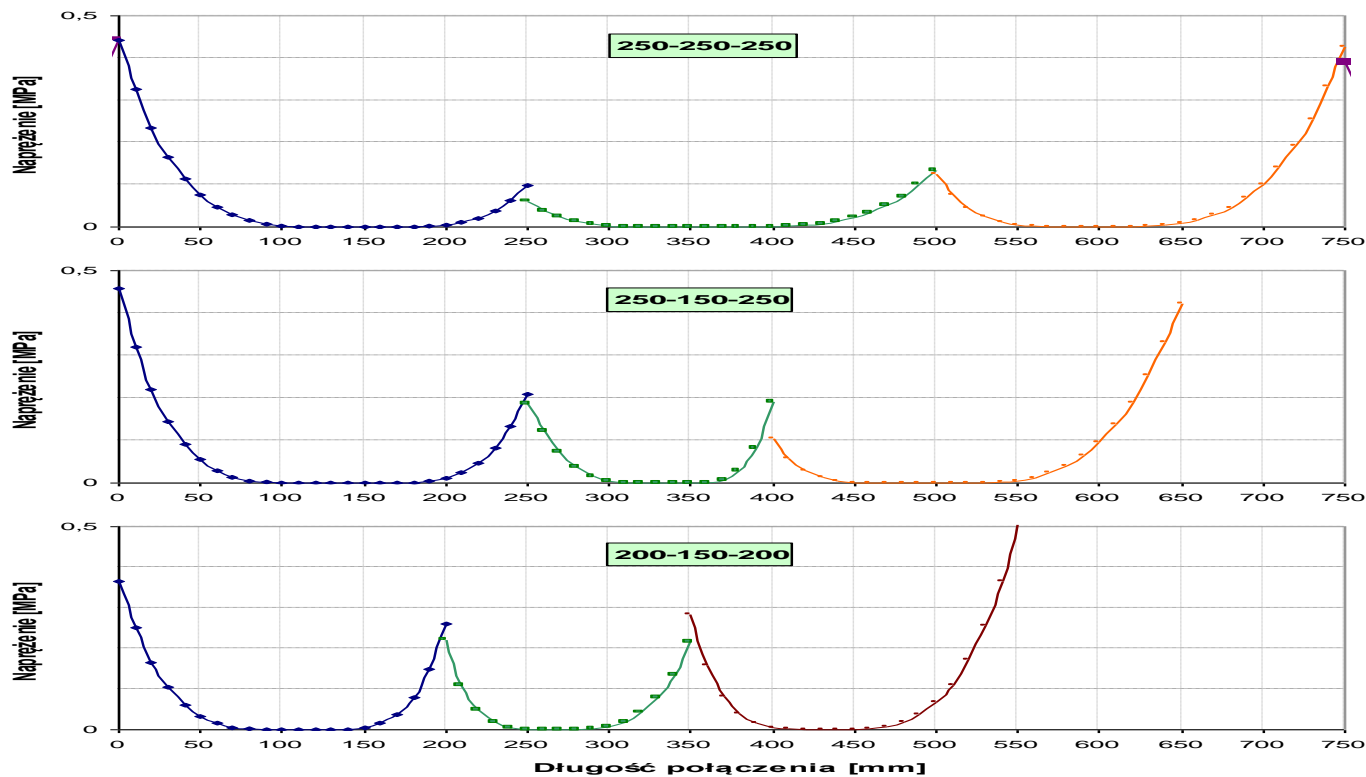
Oznaczanie rozkładu naprężeń w spoinie klejowej złączy pozwala na przeprowadzenie ewentualnej korekcji konstrukcji złączy lub zmianę materiałów wulkanizacyjnych w celu zmniejszenia występujących naprężeń

*Naprężenia w spoinie klejowej złączy taśm P 1000/4 i EP 1000/4*



# Rozwój metod badań połączeń taśm przenośnikowych w LTT

## *Badanie naprężeń w spoinie klejowej – skracanie połączeń*

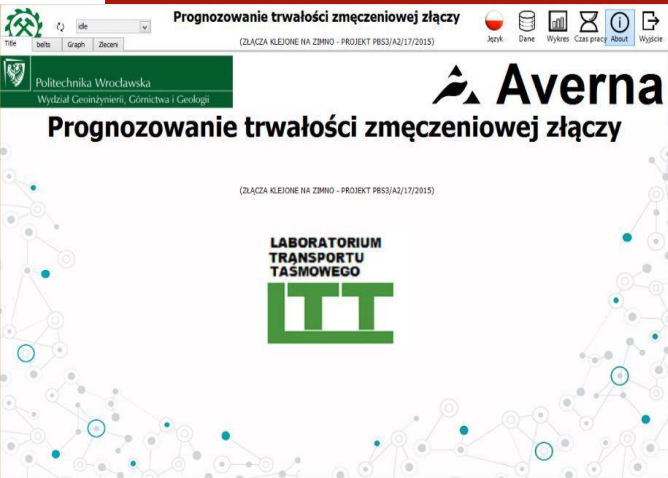


*Rozkład naprężeń w spoinie klejowej złącza taśmy EP 1000/4 w zależności od długości złącza*



# Rozwój metod badań połączeń taśm przenośnikowych w LTT Prognozowanie trwałości zmęczeniowej połączeń

## (new)!!!



Prognozowanie trwałości zmęczeniowej złączy

(ZŁĄCZA KLEJONE NA ZIMNO - PROJEKT PBS3/A2/17/2015)

Politechnika Wroclawska  
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

**Averna**

LABORATORIUM TRANSPORTU TAŚMOWEGO  
**LTT**

idle belts Graph Zleceni

(ZŁĄCZA KLEJONE NA ZIMNO - PROJEKT PBS3/A2/17/2015)

Język Dane Wykres Czas pracy About Wyjście

Taśma	Spoina Klejowa	Złącze
Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m] Rt 1600	Moduł gumy [MPa] Mg 2	wytrzymałość na rozwarstwianie złącza [kN/m] Rr 12
Moduł sprężystości taśmy [kN/m] Mt 12000	Wytrzymałość adhezyjna spoiny klejowej [N/mm] T 11	Moduł sprężystości złącza [kN/m] Mz 16000
Wytrzymałość na ścinanie [kN/m <sup>2</sup> ] tp 3,5	Wytrzymałość na rozciąganie gumy [kN/m <sup>2</sup> ] Ts 25	Wydłużenie względne spoiny klejowej [mm/mm] Ez 0,7

Oblicz Wykres Zapisz Usuń Wyczyść

Maksymalna liczba cykli Nc 58901

Max Liczba cykli - klejone na zimno Nc 35901

Czas pracy w miesiącach Tp 0

Czas pracy w miesiącach - klejone na zimno Tp 0

Program Badań Stosowanych nr PBS3/A2/17/2015  
„Złącza wieloprzekładowych taśm przenośnikowych o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej”

Numer kalkulacji	Godzina/Data	Wytrzymałość na rozciąganie [kN/m]	Moduł sprężystości taśmy [kN/m]	Moduł gumy [MPa]	Wytrzymałość adhezyjna spoiny klejowej [N/mm]	Maksymalne naprężenia w spoinie klejowej [MPa]	Liczba cykli	Czas pracy w miesiącach
1	21:56:32 18/01/21	500,00	2000,00	0,10	2,00	0,1207	662	---
2	21:56:52 18/01/21	500,00	2000,00	0,10	2,00	0,1207	662	---
3	21:57:35 18/01/21	500,00	2000,00	2,00	4,00	2,3315	2521	---
4	21:58:50 18/01/21	500,00	2000,00	2,00	11,00	2,3315	17743	---
5	21:59:05 18/01/21	500,00	2000,00	2,00	11,00	2,3315	17743	---
6	21:59:30 18/01/21	1600,00	12000,00	2,00	11,00	1,6759	58901	---
7	22:00:44 18/01/21	1600,00	12000,00	2,00	11,00	1,6759	58901	---
8	22:00:56 18/01/21	1600,00	12000,00	2,00	11,00	1,6759	58901	---



## Wnioski

Ze względu na ciągły trend zwiększania wytrzymałości taśm przenośnikowych, istniejące w LTT wyposażenie badawcze złożone ze zrywarki poziomej ZP 40 zostało ulepszone o kolejne stanowiska do badań statycznej wytrzymałości połączeń ZP 100, na którym można stosować siły rozciągające o wartości do 1000 kN.

Kolejnym stanowiskiem badawczym jest urządzenie do badań zmęczeniowych połączeń, które składa się z wymiennych dwóch bębnow o średnicach 1000, 1250 i 1500 mm, na którym również można stosować siłę rozciągającą o wartości 1000 kN. Badania wykazały, że istnieje trend związany ze wzrostem wytrzymałości statycznej i dynamicznej połączeń.

Uwzględniając optymalny dobór parametrów złącza, klejów i taśmy – i łącząc je funkcyjną zależnością, **możliwe jest prognozowanie trwałości połączeń**, przed ich wykonaniem.



**Dziękuję za uwagę**

**Politechnika Wroclawska**  
**Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii**  
**Laboratorium Transportu Taśmowego**  
ul. Na Grobli 13, 50-421 Wrocław  
[www.ltt.pwr.wroc.pl](http://www.ltt.pwr.wroc.pl)