

Analiza ekonomiczna wymian odcinków i połączeń taśm w oparciu o wyniki badania ich stanu



Mirostaw Bajda
Ryszard Błażej
Leszek Jurdziak



XXII Konferencja Naukowo –Techniczna
„Innowacja w ruchu”
Rawa Mazowiecka, 21-23.03.2018



Projekt badawczy finansowany w ramach Programu Badań Stosowanych PBS 3 ścieżka A, umowa nr PBS3/A2/17/2015 „Złącza wieloprzekładkowych taśm przenośnikowych o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej” realizowany w konsorcjum z firmą NILOS POLSKA sp. z o.o.

Politechnika Wroclawska

Plan prezentacji

- Problem identyfikacji uszkodzeń: inspekcja v. monitoring
- Problem badawczy – jak naprawić wykryte uszkodzenie odcinka
 1. Nowe połączenie w miejscu uszkodzenia (skrótowa pętla)
 2. Nowa, niewielka wstawka i 2 dodatkowe połączenia
 3. Nowa, dłuższa wstawka i 2 dodatkowe połączenia
 4. Nowa, duża wstawka do brzegu z wymianą starego połączenia
- niezawodność pętli taśmy i niezawodność pojedynczego odcinka
- niezawodność pojedynczego odcinka
- Koszty naprawy odcinka taśmy z uwzględnieniem niezawodności
- Dobór rozkładów czasu pracy odcinków i połączeń
- Nieliniowe tempo zużywania się taśmy

Problem identyfikacji uszkodzeń

Inspekcja wizualna jest:

- subiektywna,
- niemierzalna i przez to niedokładna

Brak zapisu **nie pozwala ocenić przyrostu uszkodzeń i ich zmian w czasie**

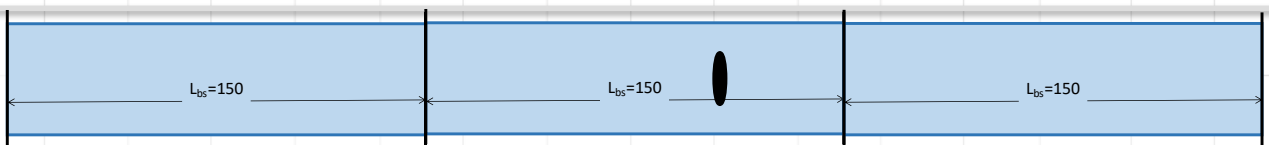
Ocena przy użyciu urządzeń diagnostycznych:

- obiektywna, precyzyjna i skwantyfikowana,
- dokładna i powtarzalna,

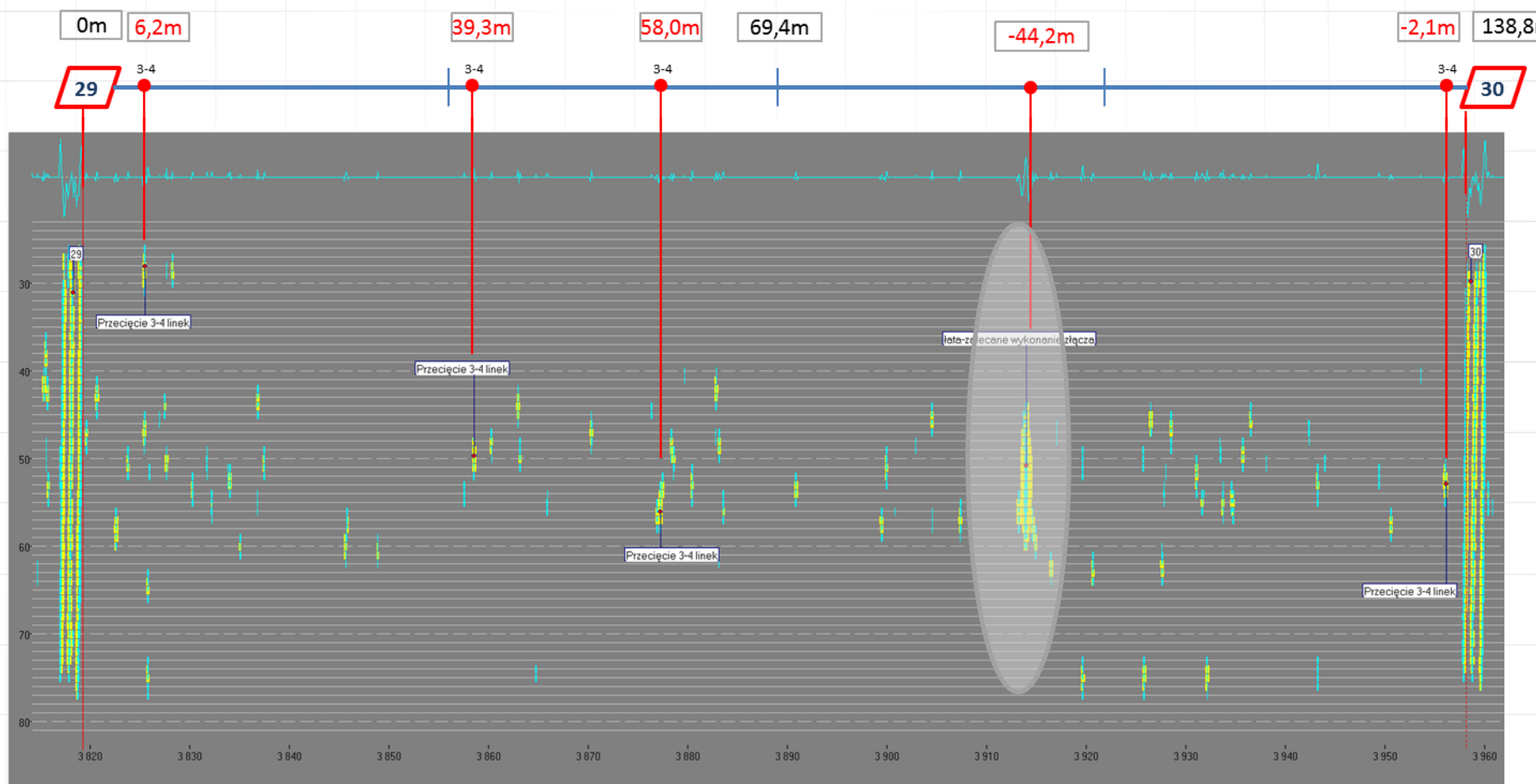
Pozwala obserwować zmiany stanu taśmy w czasie



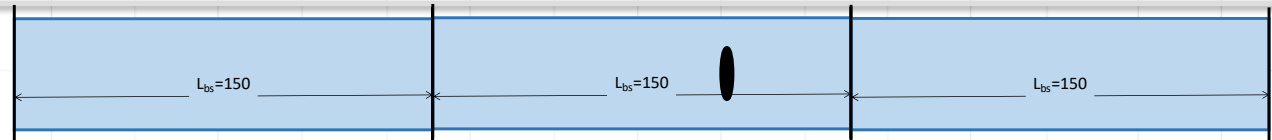
Problem badawczy



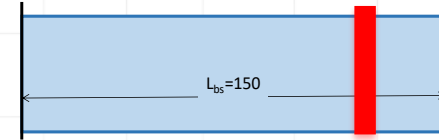
- Zidentyfikowano uszkodzenie odcinka taśmy wymagające wymiany jego fragmentu



Problem badawczy

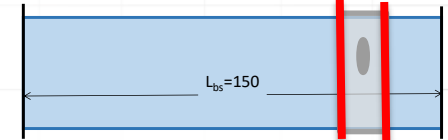


- Zidentyfikowano uszkodzenie odcinka taśmy wymagające wymiany jego fragmentu
- Naprawę można wykonać usuwając uszkodzony fragment oraz:



1. wykonując w jego miejscu nowe połączenie

- Ograniczenia: mały rozmiar uszkodzeni oraz duży zapas taśmy w urządzeniu napinającym
- Efekt: nowe, dodatkowe połączenie oraz skrócona pętla taśm

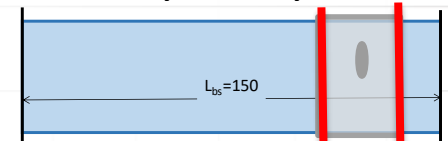


2. wstawiając w jego miejsce nowy krótki odcinek

- Efekt: nowa, niewielka wstawka i 2 dodatkowe połączenia

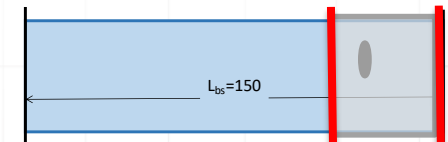
3. usuwając przyległe, ale zużyte fragmenty i dając w ich miejsce dłuższy, nowy odcinek

- Efekt: nowa, dłuższa wstawka i 2 dodatkowe połączenia



4. pozostałą część odcinka taśmy do najbliższego połączenia

- Efekt: nowa, duża wstawka z wymianą starego złącza na nowe i 1 nowym połączeniem



- Działania naprawcze mają swoje konsekwencje

- Dodatnie: **usunięte zagrożenie, wzrost niezawodności naprawionego odcinka taśmy**
- Ujemne: **koszty 1 połączenia lub 2 połączeń oraz wstawionej taśmy, spadek niezawodności odcinka po dodaniu połączeń - najstabszego ogniwa w pętli taśmy !!!**

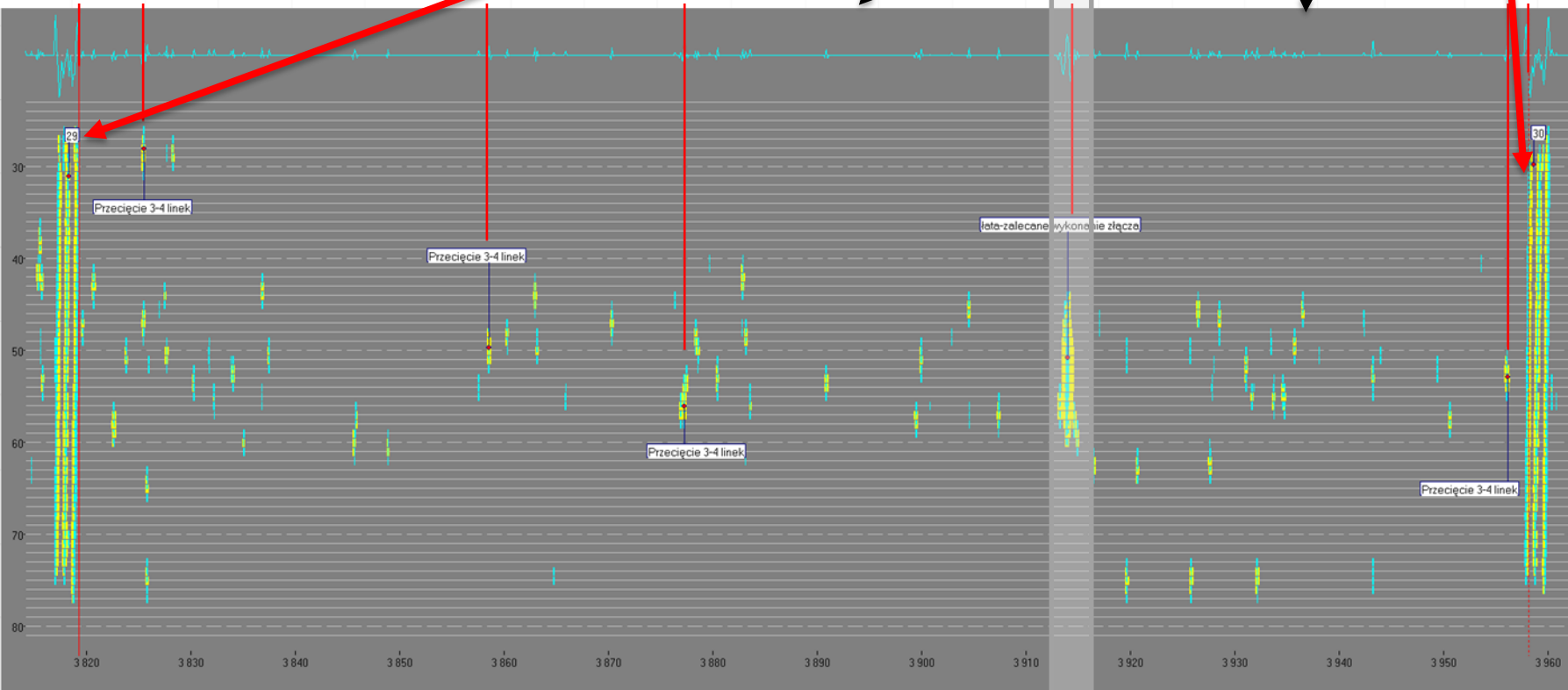
1. Nowe połączenie w miejscu uszkodzenia (skrótowa pętla)

Niezawodność odcinka taśmy $R_{nbs_1}(t) = R_{oj}(t)R_{ob_Lbl}(t)R_{nj}(t)R_{ob_Lbr}(t)R_{oj}(t)$

$L_{bl}+L_{br}=L-L_j, L_j \ll L \quad R_{obsL}(t) \approx R_{ob_Lbl}(t)R_{ob_Lbr}(t)$

$R_{nbs_1}(t) \approx R_{nj}(t)R_{obL}(t)$

Skrócenie o 4 m
+ 1 złącze



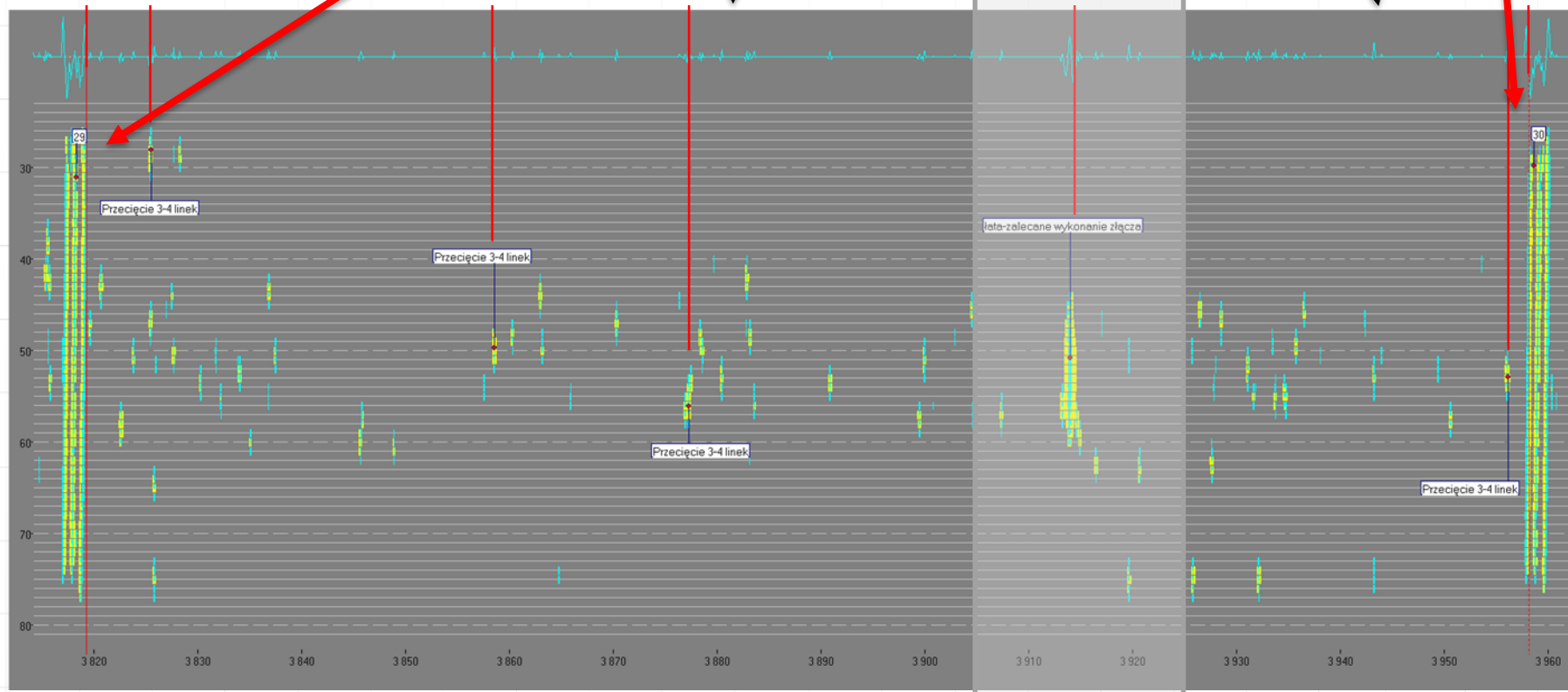
2. Nowa, niewielka wstawka i 2 dodatkowe połączenia

Niezawodność $R_{nbs_2}(t) = R_{oj}(t)R_{obLl}(t)R_{nj}(t)R_{nbLm}(t)R_{nj}(t)R_{obLr}(t)R_{oj}(t)$

odc. taśmy

$L_{bl}+L_{bm}+L_{br}=L-L_j, 2L_j \ll L$

Wstawka 20 m
+ 2 nowe złącza



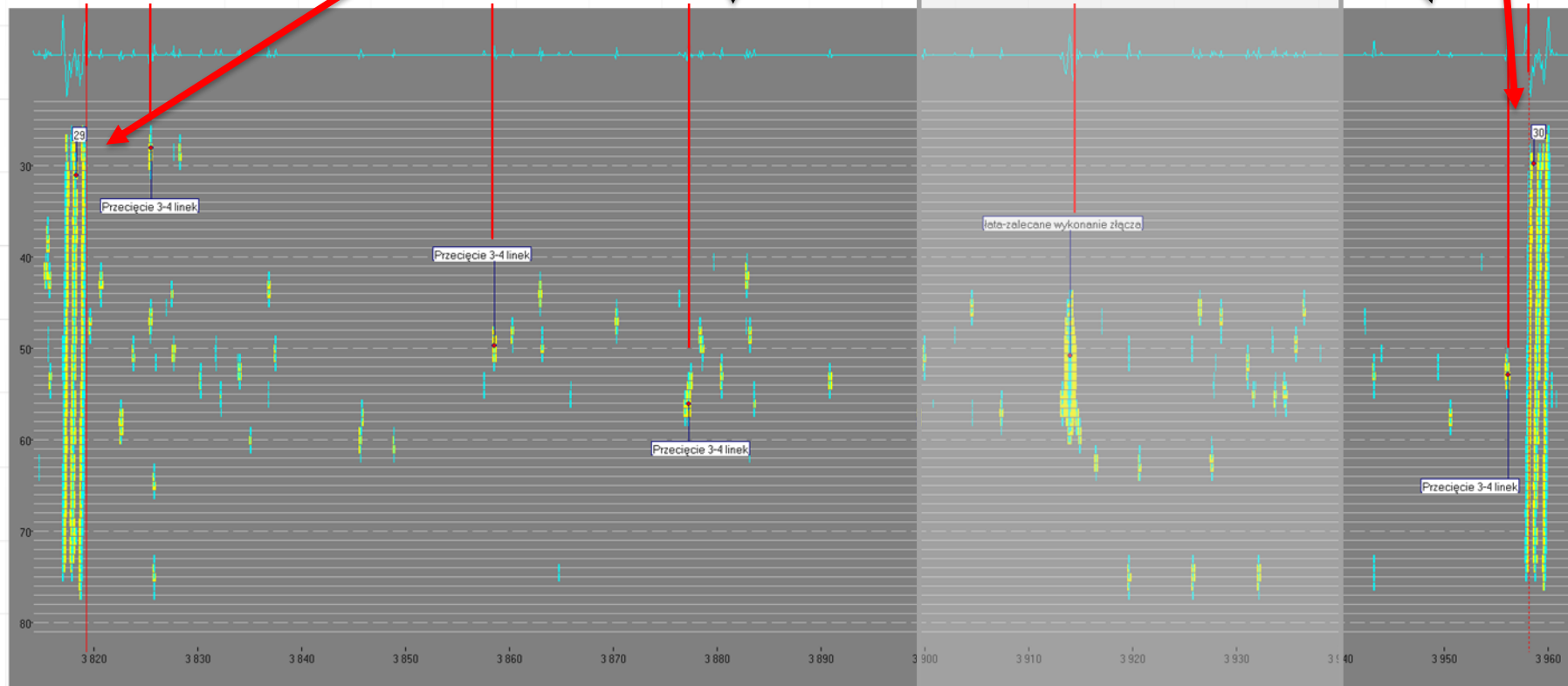
3. Nowa, dłuższa wstawka i 2 dodatkowe połączenia

Niezawodność $R_{nbs_3}(t) = R_{oj}(t)R_{obLl}(t)R_{nj}(t)R_{nbLm}(t)R_{nj}(t)R_{obLr}(t)R_{oj}(t)$

odc. taśmy

$L_{bl} + L_{bm} + L_{br} = L - L_j, 2L_j \ll L$

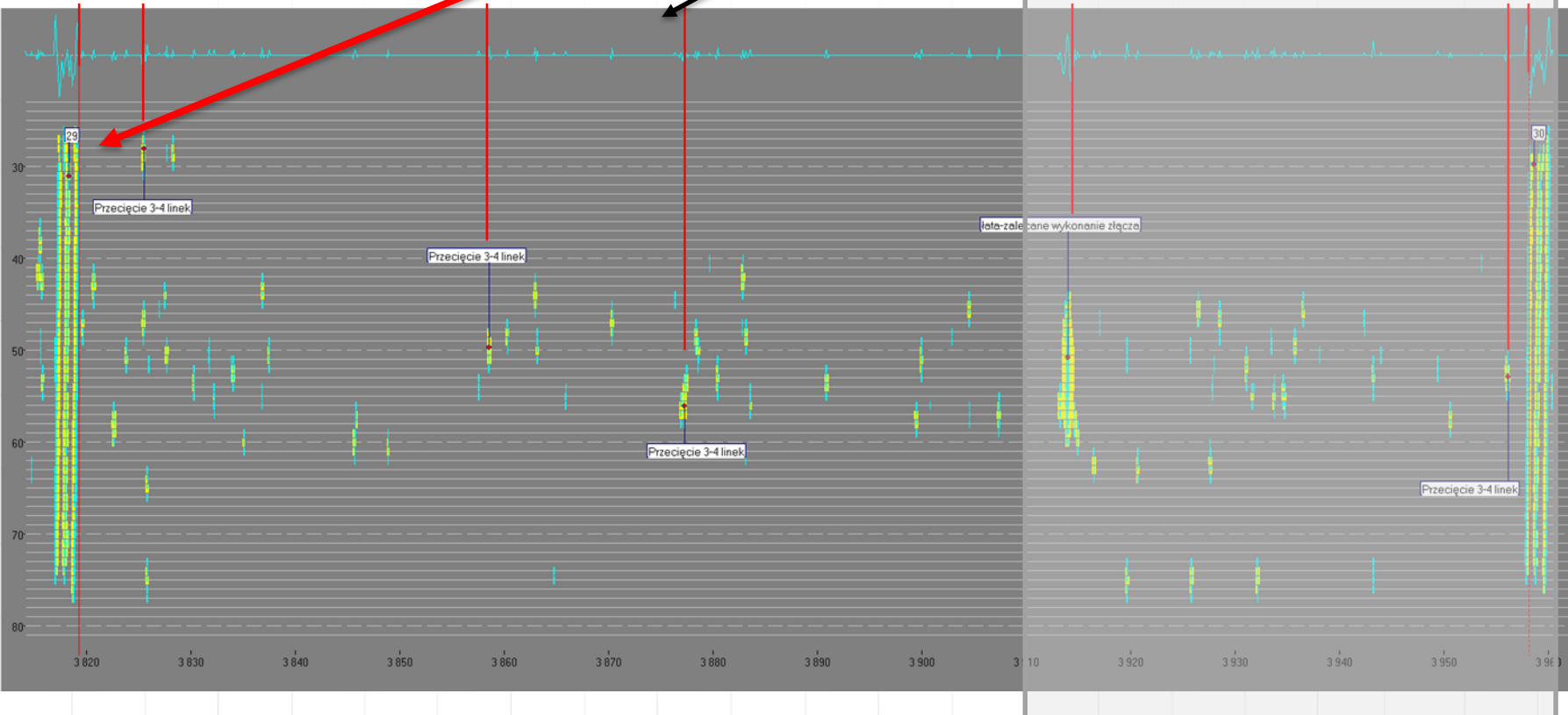
**Wstawka 40m
+ 2 nowe złącza**



4. Nowa, duża wstawka do brzegu z wymianą starego połączenia

Niezawodność odcinka taśmy $R_{nbs_4}(t) = R_{oj}(t)R_{obLbo}(t)R_{nj}(t)R_{nbLbn}(t)R_{nj}(t)$

Wstawka 50m, likwidacja 1 złącza + 2 nowe złącza

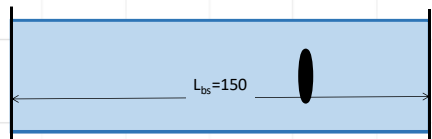


Niezawodność pętli taśmy i niezawodność pojedynczego odcinka

- Zamknięta pętla taśm przenosi naprężenia wzdłużne i przenosi urobek
- Jej ciągłość i dobry stan warunkują bezpieczną i ciągłą pracę przenośnika
- Pętla taśm składa się z odcinków taśm i połączeń
- Przestaje ona spełniać swoje zadanie gdy nastąpi zerwanie ciągłości pętli (w złączu lub caliźnie) lub rozcięcie wzdłużne taśmy
- **Złącza stanowią najłabsze ogniwo w pętli**, zwłaszcza klejone i mechaniczne
- Uszkodzenia tego typu, zwłaszcza w trakcie pracy pod pełnym obciążeniem, powodują **długotrwały postój awaryjny** na usunięcie urobku, naprawę taśmy. Jest to bardzo kosztowne
- **Zerwanie połączenia stwarza poważne zagrożenie dla ludzi jadących na taśmie**
- Oprócz kosztów postoju awaryjnego **użytkownik ponosi straty produkcyjne**
- Nie zostanie wydobyta i przetransportowana określona ilość kopaliny użytecznej, która mogłaby być sprzedana, wzbogacona, wykorzystana do produkcji dóbr finalnych. Firma Sasol 1 min. postoju wyceniła na \$1 000 , a wymiana złącza to 4 h
- Życie ludzkie trudno jest wycenić, dlatego **niezawodność połączeń jest kluczowa**

Niezawodność pojedynczego odcinka

0. Niezawodność odcinka taśmy, $R_{obL}(t) = R_{oj}(t)R_{obl}(t)R_{oj}(t)$



$$R_{nbs_1}(t) = R_{oj}(t)R_{ob_Lbl}(t)R_{nj}(t)R_{ob_Lbr}(t)R_{oj}(t)$$

1. Niezawodność odcinka ze złączem w środku,

dla $t \geq T_0$

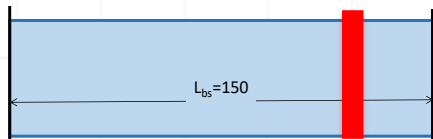
po naprawie

w momencie T_0

$$L_{bl} + L_{br} = L - L_j, \quad L_j \ll L$$

$$R_{obL}(t) \approx R_{ob_Lbl}(t)R_{ob_Lbr}(t)$$

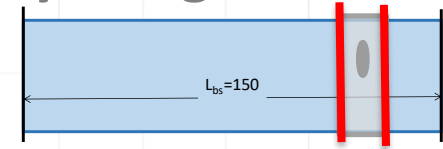
$$R_{nbs_1}(t) \approx R_{nj}(t)R_{obL}(t), \quad R_{obL}(t) = P(T \geq t + T_0 \mid T \geq T_0)$$



$$R_{nbs_1}(t) \approx \frac{R_{nj}(t)R_{nbL}(T_0 + t)}{R_{nbL}(T_0)}$$

Niezawodność pętli taśmy i niezawodność pojedynczego odcinka

2. Niezawodność odcinka ze wstawką w środku



$$R_{nbs_2}(t) = R_{oj}(t)R_{obLl}(t)R_{nj}(t)R_{nbLm}(t)R_{nj}(t)R_{obLr}(t)R_{oj}(t)$$

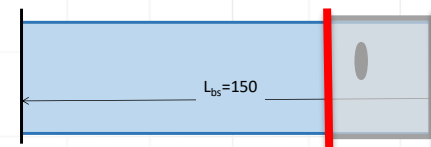
$$L=L_1+L_j+L_m+L_j+L_r$$

$$R_{nbs_2}(t) = \frac{R_{nj}^2(t+T_0)R_{nbLl}(t+T_0)R_{nj}(t)R_{nbLm}(t)R_{nj}(t)R_{nbLr}(t+T_0)}{R_{nj}^2(T_0)R_{nbLl}(T_0)R_{nbLr}(T_0)}$$

$$R_{nbs_2}(t) = \frac{R_{nj}^2(t+T_0)R_{nbL-Lm}(t+T_0)R_{nj}(t)R_{nbLm}(t)R_{nj}(t)}{R_{nj}^2(T_0)R_{nbL-Lm}(T_0)}$$

Niezawodność pętli taśmy i niezawodność pojedynczego odcinka

4. Niezawodność odcinka ze wstawką do brzegu



$$R_{nbs_4}(t) = R_{oj}(t)R_{obLbo}(t)R_{nj}(t)R_{nbLbn}(t)R_{nj}(t)$$

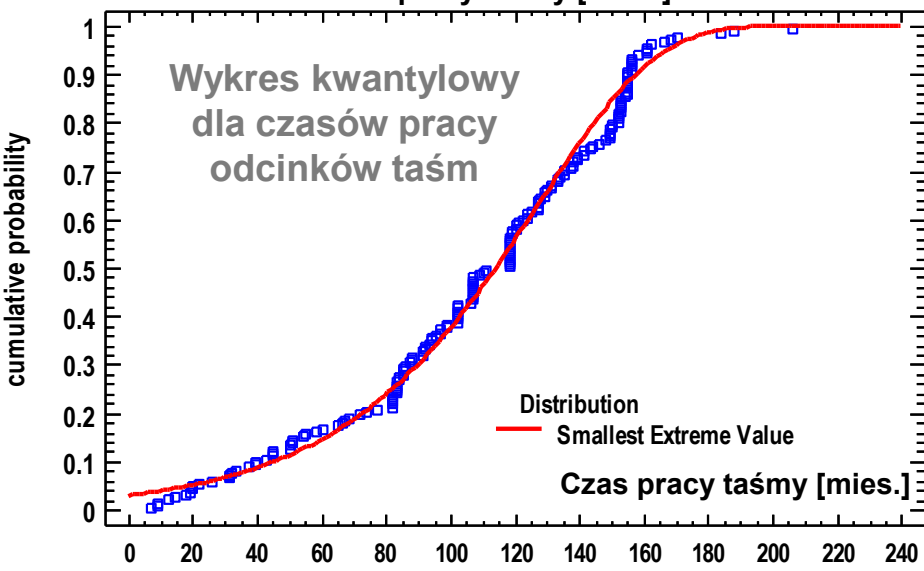
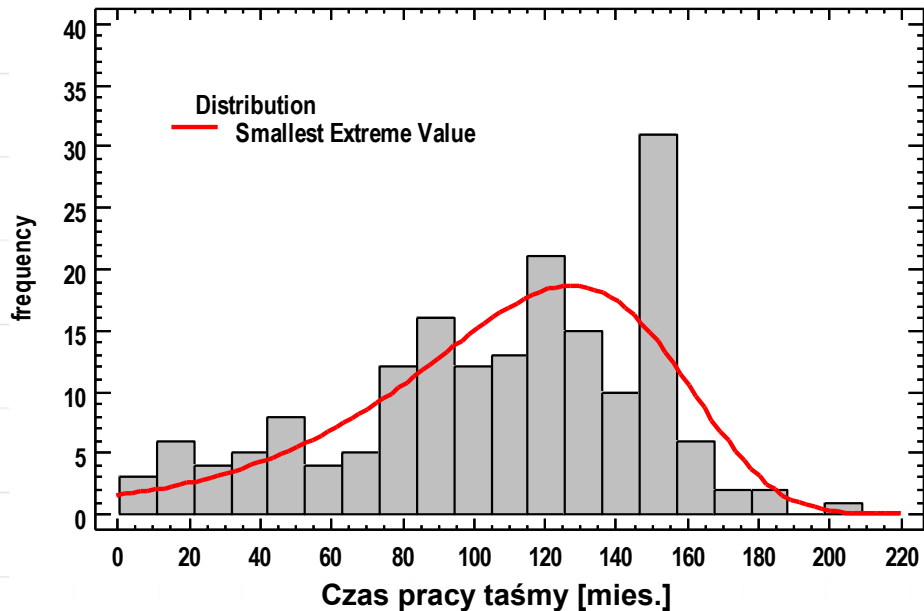
$$R_{nbs_4}(t) = \frac{R_{nj}(t+T_0)R_{nbLo}(t + T_0)R_{nj}(t)R_{nbLn}(t)R_{nj}(t)}{R_{nj}(T_0)R_{nbo}(T_0)}$$

Koszty naprawy odcinka taśmy z uwzględnieniem niezawodności

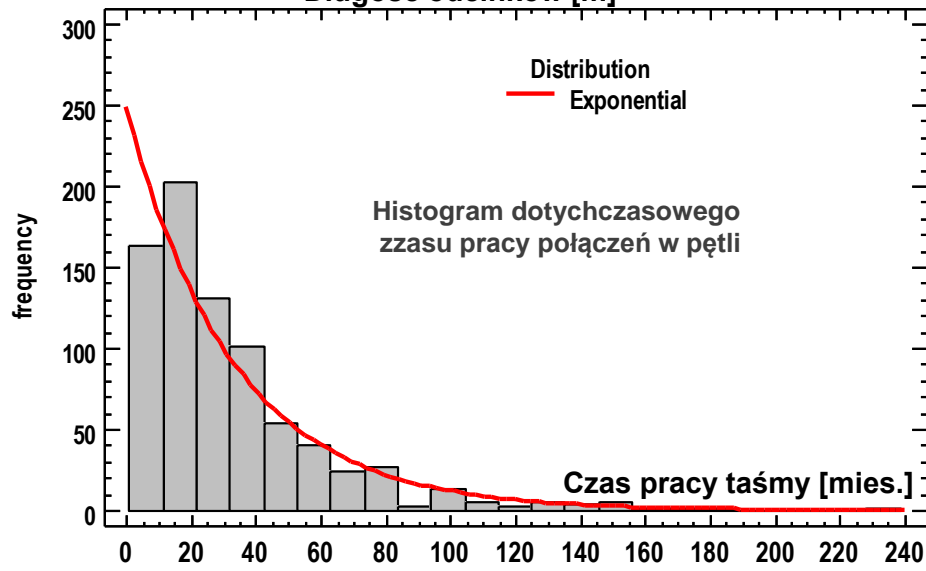
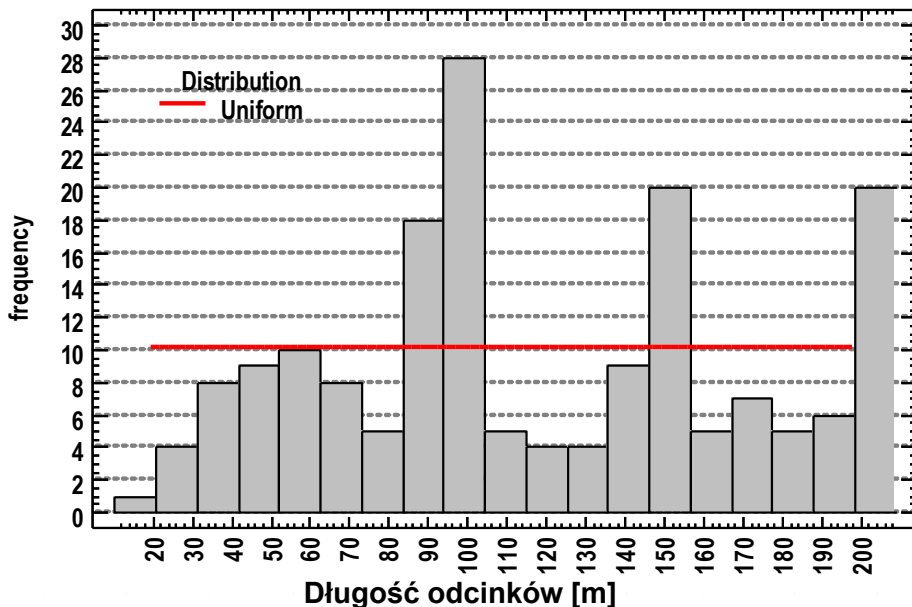
$$C_i(t) = \frac{C_p(t)R_{nbs_i}(t) + C_e F_{nbs_i}(t)}{\int_0^t R_{nbs_i}(x)dx}$$

- gdzie i to jeden z wariantów: 1, 2 lub 3
- $C_i(t)$ – Oczekiwany koszt naprawy odcinka na jednostkę czasu jego pracy,
- $C_p(t)$ – koszt wymiany prewencyjnej,
- C_e – koszt wymiany awaryjnej plus straty w produkcji i/lub kary,
- $F_{nbs_i}(t)$ – dystrybuanta czasu pracy odcinka,
- $R_{nbs_i}(t)$ – niezawodność odcinka,
 $R_{nbs_i}(t) = 1 - F_{nbs_i}(t)$

Histogram czasów pracy wymienianych odcinków taśm

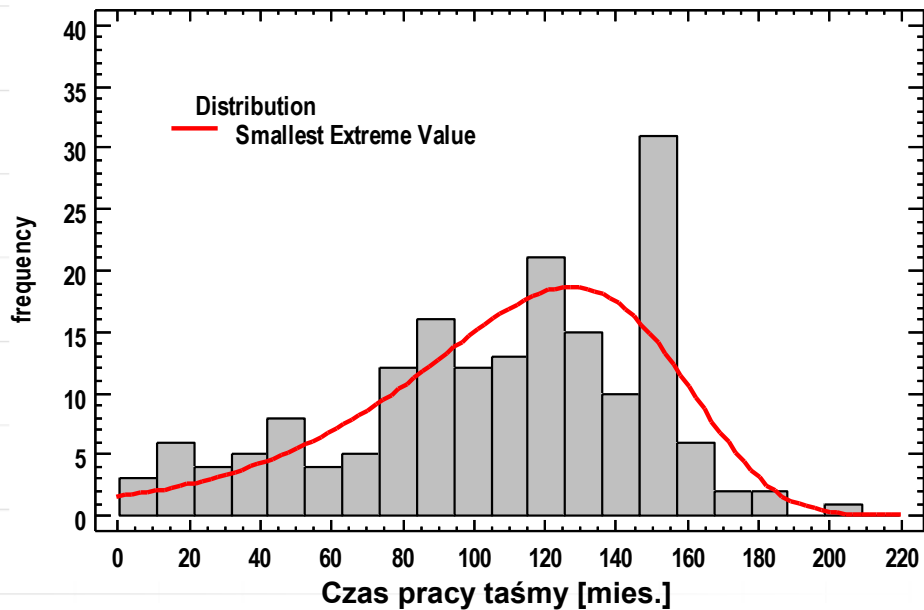


Histogram długości wymienianych odcinków taśm

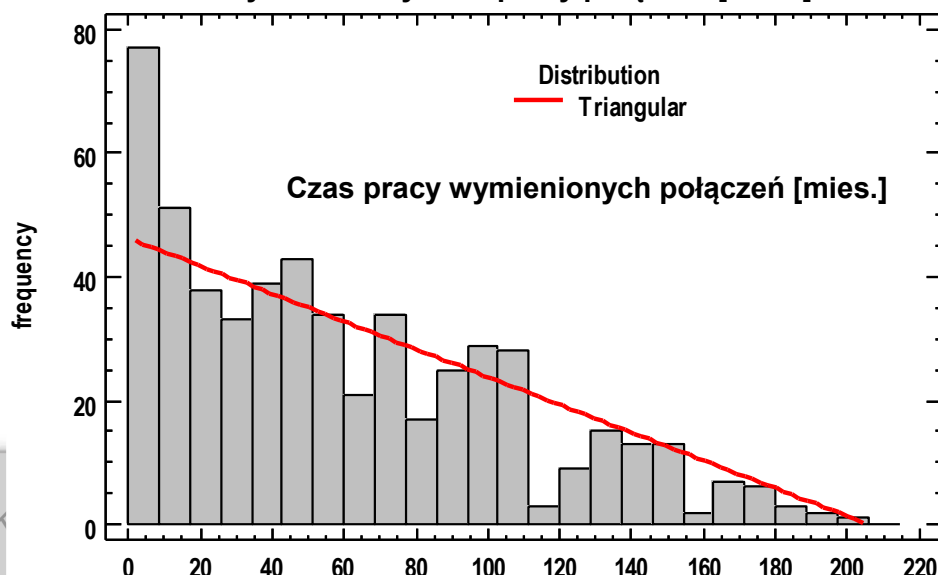
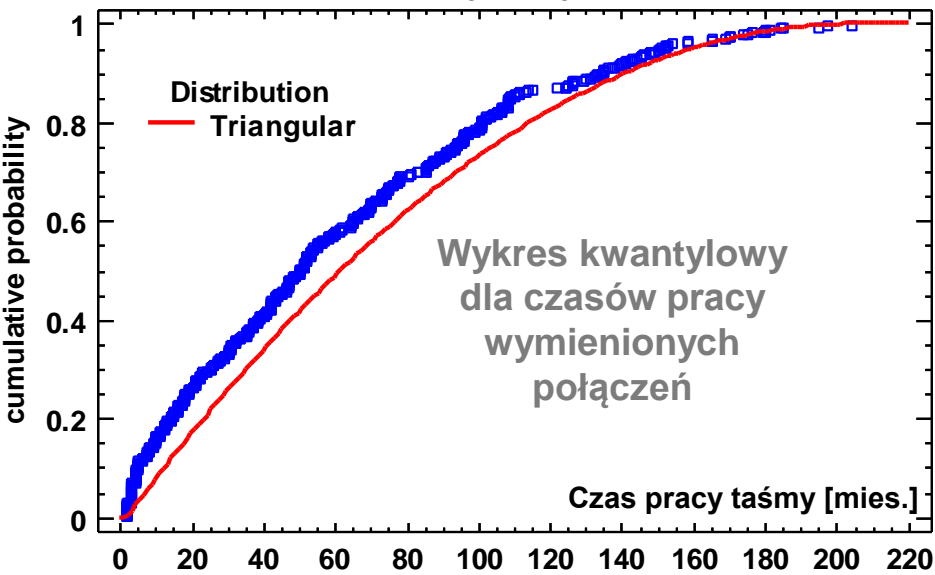
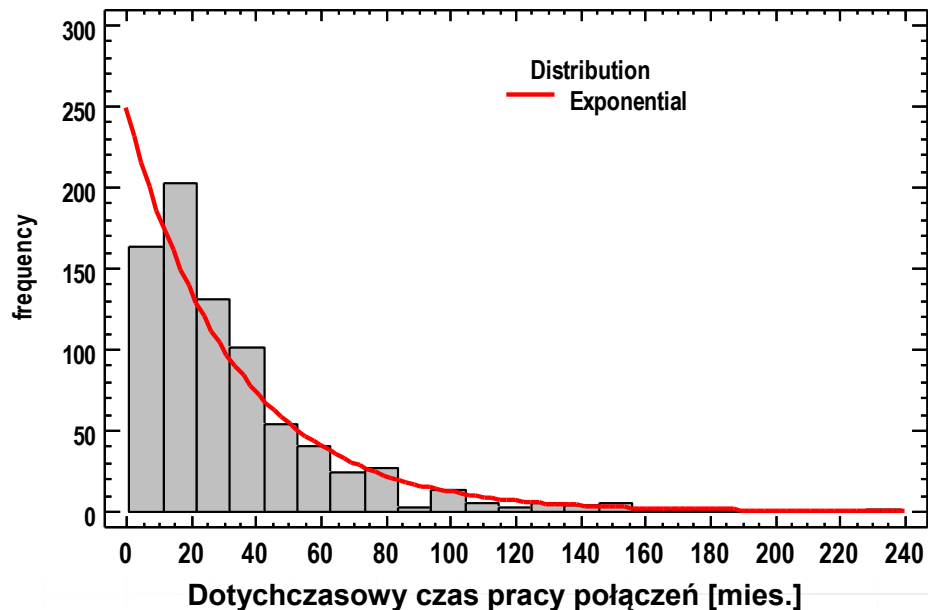


Analiza ekonomiczna wymian odcinków i połączeń taśm w oparciu o wyniki badania ich stanu

Histogram czasów pracy wymienianych odcinków taśm

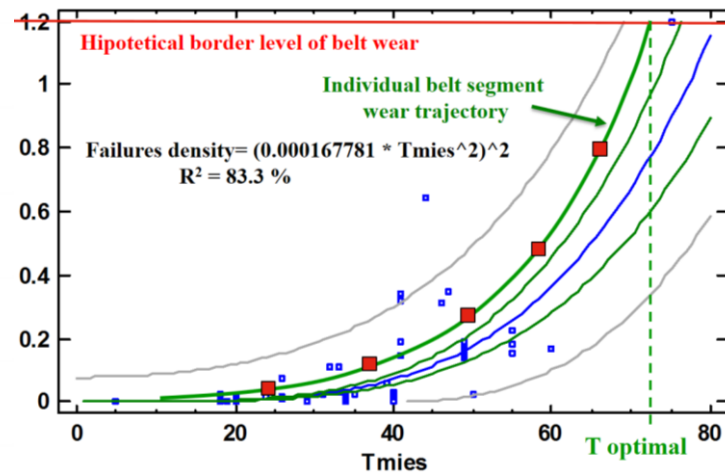
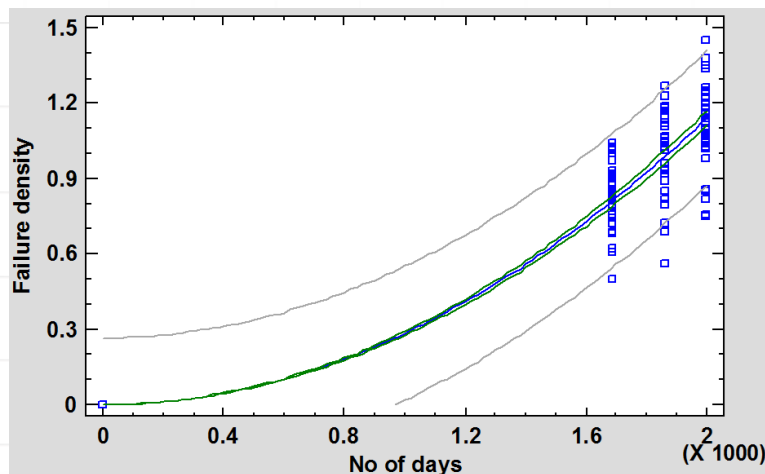


Histogram dotychczasowego czasu pracy połączeń w pętli



Nieliniowe tempo zużycia się taśmy

- Proponujemy zastąpienie oczekiwanego czasu pracy (kalendarzowego lub efektywnego) odcinków taśm i połączeń przez oczekiwany czas do osiągnięcia granicznego poziomu gęstości uszkodzeń identyfikowanych i weryfikowanych w trakcie regularnego (cyklicznego lub ciągłego) skanowania pętli taśm
- Pozostały czas pracy taśmy lub złącza może być korygowany na podstawie określonego rzeczywistego zużycia – indywidualne trajektorie tempa zużycia mogą być opracowywane na danych rzeczywistych i dla konkretnego przenośnika pracującego w określonych warunkach, co jest dokładniejsze niż pozostały czas pracy określony statystycznie dla czasu kalendarzowego



Podsumowanie

- Przenośniki taśmowe są szeroko stosowane w górnictwie do transportu urobku zarówno w kopalniach podziemnych, jak i w odkrywkowych
- **Połączenia taśm, z uwagi na ich niższą wytrzymałość i trwałość, stanowią najłabsze ogniwo w strukturze szeregowej, która jest pętlą taśm z punktu widzenia teorii niezawodności**
- Z upływem czasu taśmy i połączenia zużywają się i są poddawane różnym losowym uszkodzeniom
- Zerwanie ciągłości pętli (np. z powodu zerwania połączenia) powoduje przedłużające się przestoje awaryjne, które wiążą się z wysokimi kosztami i stratami produkcji
- Połączeniom taśm nie poświęca się jednak wystarczająco dużo uwagi, chociaż kluczowy jest ich wpływ na niezawodność i koszty (m.in. nie analizuje się trwałości taśm i połączeń, częstości awarii oraz skutków postojów awaryjnych)
- Wstawiania nowego odcinka taśmy w miejsce uszkodzonego fragmentu taśmy odbywa się bez analizy ekonomicznej korzyści i kosztów sposobu wymiany, choć ma on wpływ na niezawodność całej pętli i długofalowe koszty transportu
- Priorytetem jest bowiem szybkie przywrócenia pracy przenośników i oszczędzanie drogiej taśmy
- Rosnąca liczba połączeń i odcinków taśm w pętli obniża jej niezawodność i zwiększa zagrożenie awariami powodującymi:
 - **straty produkcyjne** (np. awarie przenośników na głównych magistralach transportowych),
 - **zagrożenie życia ludzi** (np. awarie pętli taśm na przenośnikach transportujących ludzi)

Podsumowanie

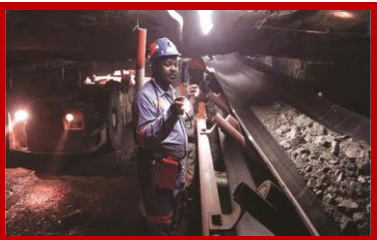
- Rozwiązaniem jest cyfrowa rewolucja (**Transport taśmowy 4.0**):
 - **Monitoring taśm i połączeń**
zapobiegający nagłym uszkodzeniom i pozwalający prowadzić wymiany prewencyjne
 - **Komputerowo wspomagana gospodarka taśmami**
(z bazą wszystkich odcinków i połączeń oraz historią ich wymian i awarii oraz danymi o kosztach zakupu taśm oraz realizacji ich połączeń)
wspomagająca podejmowanie racjonalnych ekonomicznie decyzji uwzględniających długofalowe skutki
- Kopalnie mogą same się tym zajmować lub zlecać opiekę nad taśmami na zewnątrz (outsourcing)
- W górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego odpowiedzialność jest
 - współdzielona pomiędzy kopalnię a firmę serwisową (np. w Polsce) lub
 - przekazana całkowicie firmie serwisowej (10-letni kontrakt pomiędzy RWE Power i firmą REMA Tip Top)
- **Firma serwisowa nie może przejąć odpowiedzialności za zapewnienie ciągłości transportu** (włącznie z pokryciem strat postojowych), gdy:
 - **jakość i trwałość połączeń taśm nie spełnia standardów**
 - **nie korzysta ona z urządzeń diagnostycznych monitorujących stan taśm i połączeń** zabezpieczających pętlę taśm przed awariami i pozwalających na prowadzenie prewencyjnych napraw i wymian odcinków taśm oraz ich połączeń

Analiza ekonomiczna wymian odcinków i połączeń taśm w oparciu o wyniki badania ich stanu



http://www.at-minerals.com/imgs/101317551_d1ea177400.jpg

Mirostaw Bajda
Ryszard Błażej
Leszek Jurdziak



<http://www.businessdaily.co.zw/public/images/articles/Platinum worker.jpg>

**XXII Konferencja Naukowo –Techniczna
„Innowacja w ruchu”
Rawa Mazowiecka, 21-23.03.2018**



Projekt badawczy finansowany w ramach Programu Badań Stosowanych PBS 3 ścieżka A, umowa nr PBS3/A2/17/2015 „Złącza wieloprzekładowych taśm przenośnikowych o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej” realizowany w konsorcjum z firmą NILOS POLSKA sp. z o.o.

Politechnika Wroclawska