

# STANDARYZACJA PRZEPROWADZANIA NAPRAW JAKO ETAP WDROŻENIA TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE W PRZEMYSŁE WYDOBYWCZYM

Edward CHLEBUS, Joanna HELMAN, Maria ROSIENKIEWICZ, Paweł STEFANIAK

**Streszczenie:** Niniejszy artykuł zawiera opis prac wykonanych w ramach projektu badawczo-rozwojowego „Adaptacja i implementacja metodologii Lean w kopalniach miedzi” z zakresu metody Total Productive Maintenance. Prace rozpoczęły się od standaryzacji nazewnictwa awarii i napraw maszyn dołowych, dzięki której przeprowadzono analizę częstości występowania awarii oraz wytypowano obszar pilotażowy do dalszych prac. Na tej podstawie prowadzono kolejne działania dotyczące opracowania standardu przeprowadzania jednej z często występujących napraw wozów odstawczych. Przetawiony został formularz zbierania danych oraz poszczególne kroki opracowywania szablonu oraz jego zawartości, które są niezbędne do sporządzenia innych standardów wykonywania naprawy.

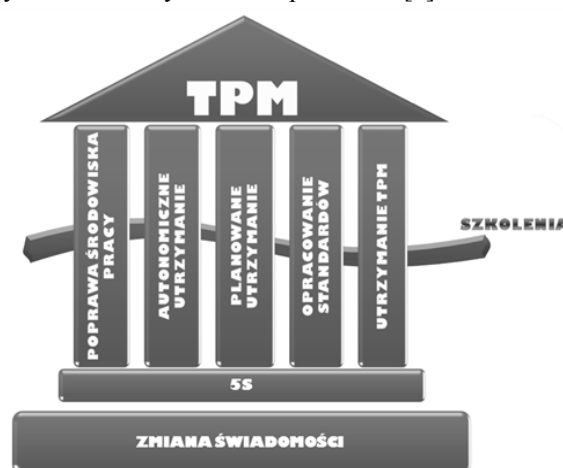
**Słowa kluczowe:** TPM, standaryzacja, naprawa

## 1. Wprowadzenie

Total Productive Maintenance (w skrócie TPM) tłumaczone dosłownie oznacza całkowite produktywne utrzymanie ruchu i jest definiowane jako konserwacja maszyn i urządzeń dostarczonych przez operatorów maszyn oraz działu utrzymania ruchu danego przedsiębiorstwa. TPM jest koncepcją, której celem jest zwiększenie wydajności i efektywności procesów związanych z utrzymaniem ruchu poprzez zwiększenie zaangażowania pracowników uczestniczących w tych procesach [1]. Podejście TPM zakłada maksymalizację zdolności produkcyjnych maszyn, która może być osiągnięta przez wprowadzenie planowanych przeglądów maszyn, jak również przeniesienie podstawowych czynności związanych z eksploatacją i utrzymaniem maszyn dla ich operatorów [2].

Głównym celem TPM jest osiągnięcie trzech zer : zero awarii, zero defektów wynikających z pracy maszyny oraz brak wypadków przy pracy. Kiedy awarie i defekty zostaną wyeliminowane, tempo operacyjne maszyn wzrośnie, koszty zostaną zredukowane, a produktywność wzrośnie [3], [4].

TPM jest metodą oparta na pięciu głównych filarach: poprawa środowiska pracy, autonomiczne utrzymanie, planowane utrzymanie, opracowanie standardów i utrzymanie TPM. Każdy z tych filarów składa się



Rys. 1. Filary TPM

z kolejnych kroków umożliwiając osiągnięcie poszczególnych zadań. Całość wsparta jest na praktykach 5S i pracy grupowej zorientowanej na ciągłe doskonalenie i zmianę świadomości. Ważnym, a nawet niezbędnym, aspektem staje się tu program szkoleń pracowniczych. Wszystkie te działania przebiegają wielowymiarowo na różnym stopniu organizacji, a co więcej, są od siebie zależne.

W celu jak najbardziej efektywnego wykorzystania maszyn górniczych, bez których nie sposób sprawnie przeprowadzać prace wydobywcze, niezbędne jest zdefiniowanie pojęcia wartości, która powstaje w procesie dostarczania maszyn i zidentyfikowanie marnotrawstw, które mogą wystąpić w każdym momencie procesu. Definiowanie wartości z punktu widzenia użytkownika usługi sprowadza się do tych jego cech, które uznane są za istotne i konieczne dla sprawnego prowadzenia procesu wydobywczego.

W tym kontekście *„wartością jest usługa dostarczenia odpowiedniej, w pełni sprawnej, funkcjonalnej, przygotowanej do pracy i sprawdzonej przez operatora maszyny górniczej, wraz z operatorem w odpowiednie miejsce i na czas uzgodniony z zamawiającym”* [5].

Stratą natomiast jest to wszystko, co nie przyczynia się do tworzenia lub dodawania wartości usług, za jaką jest w stanie zapłacić klient końcowy (w przypadku eksploatacji podziemnej jest to sztygar rejonu górniczego) i powoduje, że usługa dostarczenia maszyn jest niekompletna lub opóźniona. Zjawisko marnotrawstwa może występować w wielu obszarach procesu udostępniania maszyn, począwszy od prac na Komorze Maszyn Ciężkich, związanych z przygotowaniem maszyn do pracy - tak zwaną obsługą codzienną, przywróceniem im funkcjonalności poprzez naprawy i remonty, jak i w obszarze prac eksploatacyjnych udostępnionych już maszyn.

## 2. Wybór obszaru pilotażowego

Komora maszyn ciężkich wytypowana na obszar implementacji narzędzia TPM służy przede wszystkim jako miejsce postojowe dla maszyn, które w danej chwili nie pracują oraz jako miejsce wykonywania napraw i przeglądów. Na terenie komory znajduje się:

- 6 stanowisk remontowych,
- komora paliw,
- sztygarówka,
- narzędziownia,
- stanowisko obróbki skrawaniem,
- stanowisko kontroli sprawności maszyn (droga jazdy próbnej),
- stanowisko kontroli hamulca awaryjno-postojowego,
- stanowisko smarowania i konserwacji maszyn,
- myjnia maszyn,
- stanowisko udzielania pierwszej pomocy, punkt zborny, miejsce podziału pracy.

Mając na uwadze różnorodność maszyn biorących udział w procesie eksploatacji oraz obszerny zakres ich prac, do prac pilotażowych nad możliwością wprowadzenia narzędzi i metod pochodzących z TPM, postanowiono wybrać jedną grupę maszyn. Analiza danych zebranych w kopalni za okres I-III.2012 r. w jednej z komór ciężkich wykazały, że najczęściej awarii ulegają wozy odstawcze, zatem zdecydowano, że dalsze prace pilotażowe będą prowadzone dla wozów odstawczych. Innym czynnikiem przemawiającym za wyborem wozów odstawczych był fakt, iż w wybranej na pilotaż komorze maszyn ciężkich dominował właśnie ten typ maszyn, dodatkowo wszystkie pojazdy są tego samego typu oraz pochodzą od jednego producenta. Dodatkowym istotnym czynnikiem podczas

wyboru grupy pilotażowej był fakt, iż praca wozów odstawczych bezpośrednio wpływa na wydobywanie, czyli w największej mierze przyczynia się do dodawania wartości w procesie eksploatacji.

### 3. Pozyskiwanie danych i ich analiza

W ramach prac nad pierwszym krokiem TPM, jakim jest eliminacja problemów głównych, przeprowadzono analizę danych zebranych w okresie obserwacji pilotażowych VI-IX.2012 dotyczącą awaryjności wozów odstawczych, a następnie dane te zostały uzupełnione o analizę wyników prac grup roboczych „Zapobieganie Awariom” i „Standaryzacja nazewnictwa”. W efekcie stworzono spójny dokument zawierający standardowe nazewnictwo awarii i odpowiadające im nazwy napraw z podziałem na zespoły funkcjonalne maszyny. W dalszych pracach grup roboczych dokument ten został uzupełniony o czasochłonność, liczbę osób wymaganych do przeprowadzenia danej awarii, wykaz części zamiennych oraz narzędzi.

Równolegle zbierane były różne informacje i dane o awaryjności maszyn na podstawie funkcjonującego w kopalni systemu klasy ERP, dzięki któremu możliwe było pozyskanie danych dotyczących wskaźników:

- MTTF (*Mean Time To Failure*) – średniego czasu do wystąpienia awarii,
- MTTR (*Mean Time To Repair*) – średniego czasu naprawy, oznaczającego średni czas wymagany do naprawy uszkodzonej maszyny od momentu wystąpienia awarii,
- MTBF (*Mean Time Between Failures*) – średniego czasu bezawaryjnej pracy, czyli czasu, przez który maszyna może działać bez przerwy.

Powyższe współczynniki wyliczono korzystając odpowiednio ze wzorów 3.1, 3.2, 3.3.

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^n PRD_i + \sum_{i=1}^n DSP_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.1)$$

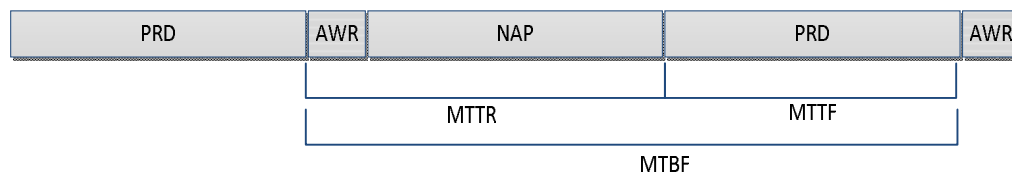
$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n AWR_i + \sum_{i=1}^n NAP_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.2)$$

$$MTBF = MTTF + MTTR \quad (3.3)$$

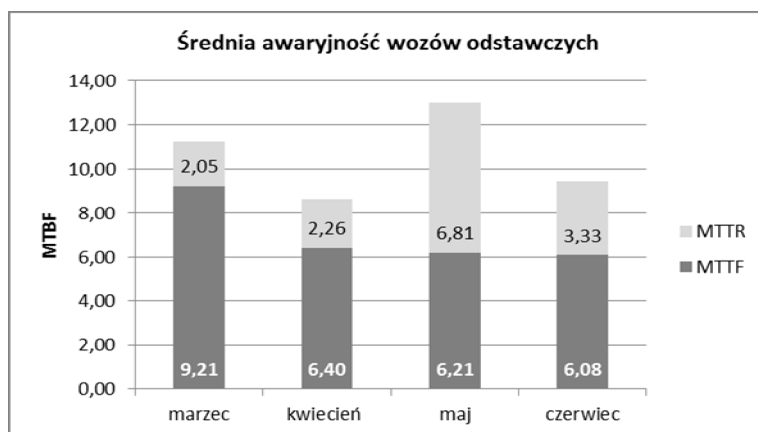
gdzie,

n - liczba dni w miesiącu,

A – liczba awarii i napraw.



Rys. 1. Symboliczne przedstawienie sposobu wyliczania wskaźników awaryjności w kopalni



Rys. 2. Średnia awaryjność wozów odstawczych w okresie III-IV.2012 r.

W dalszym toku opracowany został formularz zbierania danych, stanowiący narzędzie do gromadzenia informacji o czasie wystąpienia awarii, maszynach na których one wystąpiły, typach awarii i uszkodzonych częściach/podzespołach, potencjalnej przyczynie uszkodzenia, czasie jaki maszyna oczekiwała na wykonanie naprawy, przyczynie oczekiwania, czasie naprawy i uwagach wpisującego. Przy tworzeniu formularza uczestniczyli pracownicy dozoru mechanicznego wybranej do obszaru pilotażowego Komory Maszyn Ciężkich. Zakres formularza przedstawiono na poniższym rysunku.

							SUMA			SUMA
							1,70			0,80
Data	Zm	Grupa maszyn	Nr maszyny	Awaria *	Uszkodzona część /podzespół	Przyczyna *	Czas oczekiwania na naprawę w rbłzm	Przyczyna oczekiwania na naprawę *	Czas usunięcia awarii w rbłzm	Uwagi wpisującego
03.07.12	I	WO	101	Siłownik skrętu	ucho siłownika	Pęknięcie	1,5	Brak mechaników własnych	0,5	Prawy
03.07.12	II	WO	135	Instalacja elektryczna 500 V	przewód zasilania	Zawilgocenie	0,2	Brak elektryka	0,3	

Rys. 3. Zakres arkusza zbierania danych w okresie pilotażowym - przykład

Dla niektórych kolumn formularza zdefiniowano listy wyboru, które zostały opracowane na podstawie analizy awarii w okresie III-VI.2012 r. Uwzględniono również sugestie co do najczęstszych przyczyn awarii wniesione przez dozór mechaniczny. Zdefiniowane listy wyboru przedstawiają tabele nr 1, 2 i 3.

Tab. 1. Lista wyboru – Nazwa awarii

<b>Lista wyboru -Awaria</b>
Ogumienie [ Pp, Lp, Pt, Lt ]
Instalacja elektryczna 24V
Instalacja sterownicza 24 V
Instalacja elektryczna 500 V
Piasta
Siłownik skrętu
Zespół redukcyjny
Przewód hydrauliczny
Układ hydrauliczny
Układ hamulcowy
Skrzynka redukcyjna + sprzęgiełko
Linia posuwu, powrotu, drabinka
Elementy konstrukcyjne układu roboczego
Inne

Tab. 2. Lista wyboru – Przyczyny awarii

<b>Lista wyboru -Przyczyny</b>
Naturalne zużycie
Wadliwa część - jaka (wpisać w uwagach)
Uszkodzenia w wyniku wysokiej temperatury
Niepoprawna eksploatacja
Korozja
Zawilgocenie
Uszkodzona izolacja
Nadmierny luz
Pęknięcie
Zerwanie
Przetarcie
Zbyt wysokie ciśnienie
Zbyt niskie ciśnienie
Zanieczyszczenie
Inne

Tab. 3. Lista wyboru – Przyczyny oczekiwania na naprawę.

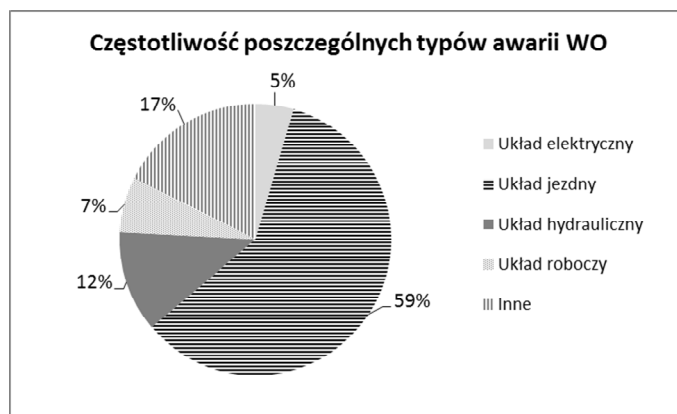
<b>Przyczyna oczekiwania na naprawę</b>
Brak części zamiennych
Brak mechaników własnych
Brak serwisu
Brak miejsca na KMC (stanowiska)
Brak elektryka
Inne - jakie

Dzięki zastosowaniu formularza możliwe było uzyskanie informacji nie tylko o występujących typach awarii, ale również jakiego konkretnego podzespołu ona dotyczy, przyczynach wystąpienia, a ponadto, czy maszyna była naprawiana, czy oczekiwano na naprawę oraz z jakiego powodu i ile czasu trwała naprawa. Na podstawie tego formularza możliwe było dokonanie wyboru zakresu naprawy do dalszych analiz. Zestawienie wyników zbieranych informacji zawarto w poniższej tabeli.

Tab. 4. Liczba awarii WO w podziale na grupy

<b>Grupa awarii</b>	<b>Liczba awarii</b>
Ogumienie	90
Instalacja elektryczna 24V	19
Instalacja sterownicza 24 V	4
Instalacja elektryczna 500 V	3
Piasta	79
Siłownik skrętu	35
Zespół redukcyjny	72
Przewód hydrauliczny	34
Układ hydrauliczny	35
Układ hamulcowy	63
Elementy konstrukcyjne układu roboczego	38
Inne	100
Silnik	0
<b>Suma</b>	<b>572</b>

W celu wytypowania obszaru pilotażowego awarii wozów odstawczych postanowiono zawęzić wytypowane wcześniej grupy awarii do pięciu typów układów, tj. układu elektrycznego, układu jezdnego, układu hydraulicznego, układu konstrukcyjnego oraz awarii opisanych jako inne. Częstość poszczególnych typów awarii w zależności od układu przedstawiono na poniższym wykresie.



Rys. 4. Częstość poszczególnych typów awarii WO

Ze względu na fakt, iż największą grupę awarii stanowiły te dotyczące układu jezdnego, na obszar pilotażowy dotyczący standaryzacji w rozumieniu TPM postanowiono wybrać awarie układu jezdnego. W jego skład zakwalifikowano wszystkie awarie związane z ogumieniem, piastą, siłownikiem skrętu, zespołem redukcyjnym oraz układem hamulcowym.

#### 4. Standaryzacja przeprowadzania naprawy

W celu opracowania standardu naprawy należało dokonać wyboru odpowiedniej naprawy układu jezdnego do obserwacji. Dozór mechaniczny wyższego szczebla w kopalni wytypował usuwanie awarii piasty, ponieważ jest to częsta naprawa, a także niezbędne jest zdemontowanie kilku dodatkowych elementów układu jezdnego wozu odstawczego, zatem zakres standaryzacji tej naprawy jest wystarczająco obszerny, aby opracowany standard był możliwy do zaadaptowania w innych naprawach.

Członkowie zespołu odbyli zjazd do kopalni w ustalonym dniu na odpowiednią zmianę roboczą w celu obserwacji usuwania awarii piasty, wymiany łożysk, uszczelnień, tarczy hamulcowej i zbloczy hamulcowych oraz demontażu i montażu koła jednego z wozów odstawczych wykonywanej przez dwóch wysoko wykwalifikowanych mechaników. Każdy z trzech członków grupy obserwującej miał przypisane zadanie – pierwsza osoba udokumentowała przebieg naprawy za pomocą nagrania filmowego, druga za pomocą dokumentacji zdjęciowej, trzecia zaś dokonywała opisu słownego wszystkich wykonywanych przez mechaników czynności oraz wykorzystywanych narzędzi i części zamiennych.

Następnie przeprowadzono wstępną analizę danych zebranych podczas wykonywania naprawy. Na tym etapie obejrzano po raz pierwszy nagrania z przeprowadzonej naprawy oraz porównano je z wykonanymi notatkami, co miało na celu określenie, czy posiadane są wszystkie niezbędne do przeprowadzenia opisu standardu informacje.

W dalszym toku prac określono zakres naprawy oraz na podstawie filmów i notatek dokonano podziału na poszczególne grupy czynności usuwania awarii. Wśród nich znalazły się w kolejności prace przygotowawczo-zakończeniowe, zdejmowanie koła, demontaż piasty, czyszczenie elementów piasty, montaż uszczelnień i tarczy hamulcowej, montaż piasty i zbloczy hamulcowych, uzupełnienie płynów i smarów, montaż koła oraz prace przygotowawczo-zakończeniowe.

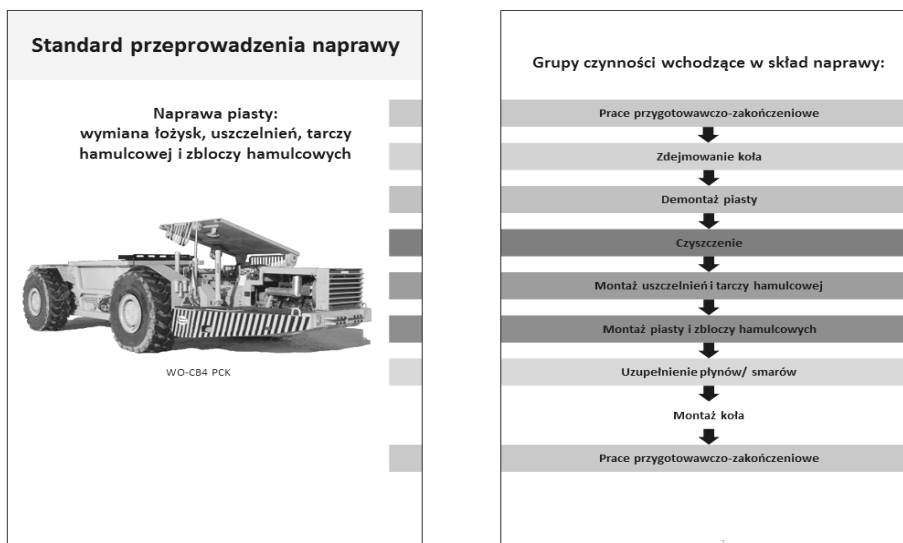
Kolejnym krokiem było opracowanie zawartości formularza do opisu poszczególnych czynności. W skład formularza wchodził następujący zakres informacji: numer czynności, numer zdjęcia obrazującego daną operację, nazwa czynności (sformułowana w taki sposób, aby dla każdej osoby czytającej standard była zrozumiała i jednoznaczna), uwagi (stanowiące dodatkowe informacje o konkretnym działaniu), zasoby ludzkie (liczba osób biorących udział w czynności), narzędzia i urządzenia, części zamienne oraz materiały używane podczas jej wykonywania. W zakres formularza weszły także informacje dotyczące miejsca oraz długości trwania czynności i oznaczenie następstwa wykonywania operacji.

Lp.	Zdjęcia	Czynność	Uwagi	Zasoby ludzkie	Narzędzia/urządzenia	Części zamienne	Materiały	Czas (min)	Następstwo	Miejsce
38	24	Zakładanie łożyska, simmeringów, nowego uszczelnienia, nowej tarczy hamulcowej	Wbicie młotkiem	1	Młotek	Uszczelnienie, tarcza hamulcowa		4,0	Następna	Kanał
39	25	Czyszczenie sprężonym powietrzem zespołu mostu	w tym czop piasty i łożysko	1				2,0	Następna	Kanał
40	26, 27	Nakładanie smaru i zakładanie pierścienia uszczelniającego	żeby łatwiej zmontować	1			Czerwony smar	1,0	Następna	Kanał
41	28, 29	Smarowanie czopa piasty i korpusu łożyska		1			Niebieski smar	2,0	Następna	Kanał
42	30	Dokręcanie śrub (montowanie tarczy hamulcowej)	Przykładanie drucików w celu równomiernego wkręcenia śrub	2	Dokrętak pneumatyczny, drut		Różowy klej	4,0	Następna	Kanał
43		Smarowanie wewnętrznej części piasty		1	Czyściwo		Niebieski smar	0,5	Następna	Kanał

Rys. 5. Formularz opisu standardu naprawy





Następnie każdy etap należący do jednej z 9 grup czynności został szczegółowo przeniekalizowany i zapisany w formularzu opisu standardu. W ten sposób opisanych zostało 65 czynności składających się na naprawę awarii piasty, wymianę tarczy hamulcowej, wymianę zbloczy hamulcowych oraz montaż koła.

Po wypełnieniu formularza opisu standardu przystąpiono do zaprojektowania wyglądu szablonu, w którym finalnie zostanie zaprezentowany standard wybranej naprawy. Uznano iż niezbędne będzie rozróżnienie w sposób graficzny podziału na dziewięć grup czynności. W związku z tym innym kolorem oznaczono każdą grupę w spisie oraz nagłówek operacji naprawy zakwalifikowanej do danej grupy.



Rys. 6. Pierwsze strony dokumentu opisującego standard naprawy

Opis wszystkich czynności składających się na naprawę awarii piasty zawiera informacje o miejscu wykonywania pracy, ilości wymaganych osób, czasu potrzebnego na realizację zadania, wymagane części zamienne i narzędzia. Dodatkowo w celu zobrazowania opisu dodano stosowną ilustrację.

<p><b>9. Przyniesienie podpory pod WO</b></p> <p><b>Uwagi</b> Czynność równoległa do poprzedniej</p> <p><b>Narzędzia</b> Podpora pod WO</p> <p><b>Części zamienne i/lub materiały</b></p> <p><b>Miejsce</b> Stanowisko remontowe</p> <p><b>Liczba pracowników</b>    <b>Czas [min]</b> 1                            01:00</p>	
<p><b>10. Zdejmowanie nakrętek</b></p> <p><b>Uwagi</b> Po zdjęciu nakrętek należy odłożyć je w jedno konkretnie wyznaczone do tego celu miejsce</p> <p><b>Narzędzia</b></p> <p><b>Części zamienne i/lub materiały</b></p> <p><b>Miejsce</b> Stanowisko remontowe</p> <p><b>Liczba pracowników</b>    <b>Czas [min]</b> 1                            00:30</p>	
<p><b>11. Zdejmowanie koła</b></p> <p><b>Uwagi</b> Podnoszenie i opuszczanie (na zmianę) WO w celu poruszenia koła. 3 osoby poruszają kotłem, 1 osoba operuje włącznikiem suwnicy, dodatkowo wykorzystywana jest rura</p> <p><b>Narzędzia</b> Suwnica, zawiesz, rura</p> <p><b>Części zamienne i/lub materiały</b></p> <p><b>Miejsce</b> Stanowisko remontowe</p> <p><b>Liczba pracowników</b>    <b>Czas [min]</b> 4                            06:00</p>	
<p><b>12. Odstawienie koła i jego zablokowanie</b></p> <p><b>Uwagi</b> Przetoczenie koła i zabezpieczenie klinami</p> <p><b>Narzędzia</b> Kliny</p> <p><b>Części zamienne i/lub materiały</b></p> <p><b>Miejsce</b> Stanowisko remontowe</p> <p><b>Liczba pracowników</b>    <b>Czas [min]</b> 3                            03:00</p>	

Rys. 7. Opis czynności 9-12 wg. schematu zapisu standardu naprawy

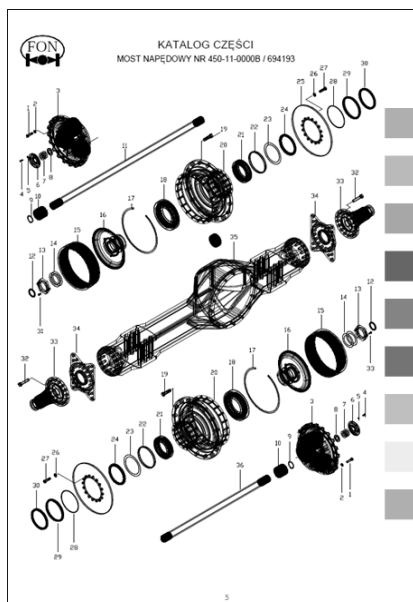


Dodatkowo w szablonie standardu przeprowadzania naprawy znalazł się także spis wszystkich narzędzi niezbędnych do usunięcia awarii oraz części zamiennych, materiałów oraz innych niezbędnych rzeczy. Taki spis uznano za konieczny, ze względu na możliwość osiągnięcia efektu synergicznego, ponieważ każdy pracownik, który będzie przystępował do naprawy, otwierając książkę standardu naprawy będzie wiedział, jakie rzeczy są niezbędne do skompletowania przed rozpoczęciem pracy, co pomoże skrócić czas oraz przyczyni się do wykonywania bardziej efektywnej pracy.

Lista narzędzi niezbędnych do przeprowadzenia naprawy:	Lista części zamiennych/ materiałów/ płynów/ smarów/ mediów niezbędna do przeprowadzenia naprawy:
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 2 śrubokręty</li> <li>&gt; rura</li> <li>&gt; czyściwo</li> <li>&gt; kliny remontowe – 4 sztuki</li> <li>&gt; klucz nasadowy – 120 mm</li> <li>&gt; klucz nasadowy z przedłużką</li> <li>&gt; klucz płaskie</li> <li>&gt; klucz pneumatyczny z przedłużką i nasadką</li> <li>&gt; klucze oczkowe</li> <li>&gt; lejek</li> <li>&gt; lina</li> <li>&gt; łopata</li> <li>&gt; miotła</li> <li>&gt; młotek</li> <li>&gt; nakładka - klucz nasadowy krzyżak</li> <li>&gt; olejarka</li> <li>&gt; opóźniomierz wahadkowy frenotest</li> <li>&gt; pistolet pneumatyczny do przedmuchiwania</li> <li>&gt; podkładka z kartonu</li> <li>&gt; podpora pod WO</li> <li>&gt; pojemnik na płyn hamulcowy</li> <li>&gt; pojemnik na zużyty olej</li> <li>&gt; pręt</li> <li>&gt; suwnica</li> <li>&gt; szczotka</li> <li>&gt; szufelka</li> <li>&gt; wózek</li> <li>&gt; zawieszanie</li> <li>&gt; żabka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; łożyska – 32026 i 30230</li> <li>&gt; Uszczelnienia – 165x190x15 i 162x200x15</li> <li>&gt; tarcza hamulcowa – 450031031/692117</li> <li>&gt; zblocza hamulcowe – 419-001</li> <li>&gt; smar Unilit</li> <li>&gt; klej Loctite 5699</li> <li>&gt; klej montażowy do gwintów</li> <li>&gt; olej</li> <li>&gt; płyn hamulcowy</li> <li>&gt; sorbent</li> <li>&gt; woda</li> <li>&gt; sprężone powietrze</li> </ul>

Rys. 8. Spis narzędzi oraz części zamiennych wykorzystywanych do naprawy

Również w dokumencie opisującym standard naprawy umieszczono katalog części naprawianego układu, w tym przypadku piasty. Spis taki znacznie ułatwi wykonywanie operacji, zwłaszcza mechanikowi rozpoczynającemu swoją pracę przy naprawach danej maszyny, w których używane są podobne wizualnie elementy, dzięki czemu łatwiej będzie można zlokalizować daną część zamienną lub nowy element.



KATALOG CZĘŚCI ZAMIENNYCH MOST NAPEĐOWY 450-11-00008 / 694193				
Lp.	Nr części	Ilość	Nazwa części / zespołu	Uwagi
1.	450-10-1009 / 691411	40	Śruba M14x1,5	
2.	315-34-1008 / 691080	40	Podkładka	
3.	450-08-0002 / 691230	2	Jarżmo przekł. planetarnej kpl.	
4.	694490	12	Śruba M8x20-8.8 Fe/Zn	EN 24017:1998
5.	694590	12	Podkładka sprężysta 8.2	PNM-42008
6.	474-11-1013 / 691396	2	Pokrywa jarżma	
7.	474-32-1013 / 693865	10	Podkładka dystansowa	
8.	474-32-1012 / 693864	2	Kameń	
9.	694 433	2	Pierścieni osadczy Z 60	PNM-85111
10.	453-00-2004 / 691200	2	Koło słoneczne	
11.	450-11-1003 / 692123	2	Płask	L=1801mm
12.	450-10-1009 / 692105	2	Pierścieni dystansowy	
13.	479-16-1011 / 691982	2	Nakładka	
14.	479-16-1038 / 691997	4	Podkładka	
15.	453-00-4006 / 691207	2	Koło koronowe	
16.	450-10-1003 / 692059	2	Płaska koła koronowego	
17.	450-03-1014 / 691429	2	Pierścieni osadczy	
18.	028 835	2	Łożysko stożkowe 32020X	
19.	315-21-1004 / 691228	32	Śruba koła jedynego	
20.	450-10-1002 / 692058	2	Płaska	
21.	028 832	2	Łożysko stożkowe 30230X	
22.	450-03-1004 / 692112	2	Pierścieni dystansowy	
23.	450-03-1025 / 692167	2	Podkładka	
24.	694510	2	Pierścieni uszczeln. AO 162x200x14 NBR	
25.	450-03-1031 / 692117	2	Tarcza hamulca	
26.	453-10-1024 / 691754	32	Podkładka	
27.	694519	2	Śruba M16x1,5x60-P-10.9 Fe/Zn	PNM-82101
28.	450-03-1024 / 692114	2	Uszczelnka	
29.	450-03-1024 / 692115	2	Osłona	
30.	694509	2	Pierścieni uszczeln. A 165x190x15 NBR77	
31.	694490	4	Śruba M8x20-8.8 Fe/Zn	EN 24017:1998
32.	694664	32	Śruba M20x1,5x95-10.9 Fe/Zn	EN 28765:1991

Rys. 9. Katalog części zamiennych piasty

## 5. Podsumowanie

Z uwagi na zróżnicowanie maszyn pracujących w procesie eksploatacji oraz duży zakres prac, w obszarze badawczo-rozwojowym w zakresie TPM zdecydowano się do prac pilotażowych wybrać jedną grupę maszyn. Analiza danych wykazała, że najbardziej awaryjne są wozy odstawcze, dlatego też zdecydowano, że dalsze prace pilotażowe będą prowadzone właśnie na nich. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za wyborem tej grupy maszyn jest fakt, że w przypadku wybranej komory mamy do czynienia z jednym typem i producentem WO oraz stanowią one najliczniejszą grupę maszyn.

Konieczność ustandaryzowania nazewnictwa awarii była warunkiem niezbędnym do prawidłowego rozpoznania przyczyn źródłowych awarii grupy maszyn objętych analizą. Prace nad tym zadaniem postanowiono realizować dwutorowo – poprzez wyniki prac grupy roboczej „Standaryzacja nazewnictwa” oraz poprzez „Arkusze zbierania danych”.

W ramach prac nad standaryzacją TPM odbyła się obserwacja usuwania awarii piasty, wymiany łożysk, uszczelnień, tarczy hamulcowej i zbloczy hamulcowych jednego z wozów odstawczych. Przebieg wykonywania naprawy został udokumentowany za pomocą filmu, dokumentacji zdjęciowej oraz opisu słownego wszystkich wykonywanych przez mechaników czynności. Następnie przeprowadzono wstępną analizę danych zebranych podczas wykonywania naprawy oraz przygotowano schemat procedury opisu standardu. W dalszej kolejności opracowano zakres oraz wygląd szablonu, w którym zapisany został standard przeprowadzania naprawy. Całość analizy podzielono na dziewięć etapów, a każdy etap składał się z szeregu różnych czynności. Opis wszystkich operacji występujących podczas usuwania awarii piasty zawiera informacje o miejscu wykonywania pracy, ilości wymaganych osób, czasu potrzebnego na realizację zadania, wymagane części zamienne i narzędzia. Dodatkowo w celu zobrazowania opisu dodano stosowną ilustrację. Całość

opracowania zawiera wykaz wszystkich niezbędnych narzędzi, części zamiennych, materiałów, płynów i smarów oraz mediów niezbędnych do przeprowadzenia naprawy.

Podczas przygotowywania dokumentu opisującego standard przeprowadzania naprawy opracowana została procedura przygotowywania standardu naprawy. Uznano iż schemat formularza jest na tyle uniwersalny, iż można z powodzeniem stosować do go opisu innych napraw oraz czynności związanych z remontami i przeglądami maszyn dołowych w kopalni.

## Literatura

1. Helman J.: Analysis of the potentials of adapting elements of Lean methodology to the unstable conditions in the mining industry. AGH Journal of Mining and Geoengineering, 2012,
2. Nakajima S.: Introduction to TPM, Productivity Press, Portland 1988
3. Nakajima S.: TPM Development Program, Productivity Press, 1989
4. Brzeski J., Figas M.: Wprowadzenie do TPM, Inżynieria i utrzymanie ruchu zakładów przemysłowych, czerwiec 2006
5. Rosienkiewicz M.: Idea of adaptation value stream mapping method to the conditions of the mining industry. AGH Journal of Mining and Geoengineering., 2012, str. 304

Prof. dr hab. inż. Edward Chlebus

Mgr inż. Joanna Helman

Mgr inż. Maria Rosienkiewicz

Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji

Politechnika Wrocławska

50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5

tel.: (71) 320 43 84

e-mail: joanna.helman@pwr.wroc.pl

maria.rosienkiewicz@pwr.wroc.pl

Mgr inż. Paweł Stefaniak

KGHM CUPRUM sp. z o.o. – Centru Badawczo-Rozwojowe

53-659 Wrocław, ul. Gen. Wł. Sikorskiego 2-8

e-mail: p.stefaniak@cuprum.wroc.pl