





# Rola środków smarnych a utrzymanie ruchu

Warsztaty szkoleniowe 29.05.2025 r.

Ecol Sp. z o.o., ul. Podmiejska 71A, 44-207 Rybnik  
tel. +48 32 7391830, fax. +48 32 7391829, e-mail: ecol@ecol.com.pl  
www.ecol.com.pl



1



## Agenda - Warsztaty szkoleniowe 29.05.2025 r.


- Rola środków smarnych a utrzymanie ruchu
  - Historia smarowania
  - Rola środków smarowania
  - Strategie utrzymania ruchu
  - Rodzaje zużycia
  - Koszty nieplanowanych przestojów
  - Znaczenie diagnostyki olejowej
- Pobór próbek
  - Pobór próbek olejów
  - Pobór próbek smarów
- Zakresy badawcze i przypadki studialne
  - Zakresy badawcze
  - Gaszenie piany
  - Mieszalność olejów przekładniowych
  - Badanie olejów silnikowych z samochodów osobowych
  - Obecność płynu chłodniczego w oleju silnikowym
  - Zmieszanie oleju przekładniowego z olejem hydraulicznym
  - Kondycjonowanie oleju będącego w eksploatacji
  - Nietypowe oznaki starzenia wskazujące na wyczerpywanie inhibitora korozji

2



## Wprowadzenie – dlaczego temat jest ważny?

3

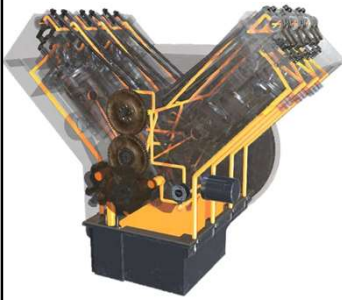


## Role środka smarnego

Smarowanie	Odprowadzanie ciepła	Ochrona przez korozją
Odprowadzanie zanieczyszczeń	Redukcja zużycia	Transport mocy
Informowanie	Izolowanie	Uszczelnianie

4

## Czy da się przewidywać awarie maszyn zanim wystąpią? Czy środek smarny może być narzędziem diagnostycznym?



### BADANIE OLEJU

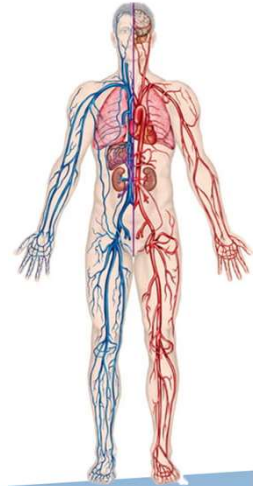
O czym możemy się dowiedzieć?

- Zwiększone procesy zużyciowe
- Przewidywanie awarii
- Kondycja oleju i urządzenia
- Zanieczyszczenia
- Obecność awarii
- Poziom dodatków uszlachetniających

### BADANIE KRWI

O czym możemy się dowiedzieć?

- Zwiększone ryzyko choroby
- Przewidywanie choroby w przyszłości
- Kondycja krwi i organizmu
- Pasożyty
- Obecność choroby
- Poziom witamin



Przykładowe badania wspólne

żelazo, wapń, potas, magnez, pH, gęstość, barwa, lepkość

5

## Dlaczego to ważne?



- 70% awarii maszyn wynika z problemów z tarcieniem, zużyciem i smarowaniem
- Olej = narzędzie diagnostyczne
- Proaktywne podejście do utrzymania ruchu = niższe koszty i mniej awarii
- 2017 r – szacunkowo **23%** całkowitej energii zużywanej przez ludzkość jest tracona w wyniku tarcia
- 1967 – w RFN oszacowano, że straty wynikłe z tarcia i zużycia kosztują gospodarkę niemiecką ok. 10 mld marek rocznie – równowartość dzisiejszych **28,32 mld \$** (na rok 2025)


6



## Historia smarowania

7

## Technologia smarownicza – rys historyczny



Pierwsze wzmianki:

- „Ty zaś zbuduj sobie arkę z drzewa żywicznego, uczyni w arce przegrody i powlecz ją **smołą** wewnątrz i zewnątrz” Rdz 6,14
- Cywilizacje starożytne

8

## Peter Jost – twórca pojęcia tribologii



- W 1966 roku użyto nazwy tribologia w raporcie dla rządu brytyjskiego o stanie techniki, szkolnictwa i badań w zakresie smarowania maszyn, który przedstawili brytyjscy uczeni pod kierownictwem Petera Josta. Wtedy to określono problematykę i cele dla tribologii na najbliższe lata.



9

## Trybologia – nauka o tarcii i procesach mu towarzyszących



Kiedyś:

- Zagadnienia tarcia suchego → Fizyka
- Tarcie graniczne → Chemia fizyczna
- Smarowanie → Technologia produktów naftowych
- Zużywanie na skutek tarcia → Maszynoznawstwo



Dzięki takim spostrzeżeniom zaczęto patrzeć na smarowanie nie tylko jako konieczność, ale jako element strategii utrzymania maszyn

Obecnie:

- Zagadnienia tarcia suchego → Tribologia
- Tarcie graniczne → Tribologia
- Smarowanie → Tribologia
- Zużywanie na skutek tarcia → Tribologia

10



## Strategie utrzymania ruchu

11

## Strategie utrzymania ruchu

1. Proactive Maintenance
2. Predictive Maintenance
3. Preventative Maintenance
4. Redundancy & Redesign
5. Run to Failure

**UTRZYMANIE RUCHU** to zespół działań mających na celu zapewnienie ciągłości i niezawodności pracy maszyn i urządzeń, co jest kluczowe dla minimalizacji przestojów i maksymalizacji efektywności produkcji.

12

	Proactive Maintenance	Predictive Maintenance	Preventative Maintenance	Redundancy & Redesign	Run to Failure
<b>Opis</b>	To najbardziej zaawansowana forma utrzymania ruchu. Jej celem jest całkowite wyeliminowanie awarii, zanim się pojawią, poprzez identyfikację i usuwanie przyczyn źródłowych (np. niewyważenie, mikropęknięcia, niewłaściwa eksploatacja). Wymaga szczegółowej analizy i ciągłego monitoringu stanu technicznego.	Polega na przewidywaniu awarii na podstawie pomiarów i danych z monitoringu stanu (np. analiza drgań, temperatury, hałasu, smarowania). Pozwala wyłapać symptomy zbliżającej się usterki i zaplanować działanie zanim dojdzie do awarii.	To zaplanowana konserwacja okresowa, bazująca na czasie pracy maszyny, zaleceniach producenta (OEM) i historii MTBF. Naprawiamy lub wymieniamy elementy zanim się zepsują, ale bez monitorowania stanu w czasie rzeczywistym.	Jeśli awaria danego systemu nie może być zaakceptowana (np. grozi katastrofą), stosuje się systemy zapasowe (redundantne) lub zmienia się konstrukcję urządzenia, aby awaria była niemożliwa.	Nie robimy nic dopóki maszyna się nie zepsuje. Naprawa następuje dopiero po wystąpieniu awarii. Tania na początku, ale może być bardzo kosztowna w skutkach.
<b>Charakterystyka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wysoki poziom automatyzacji i diagnostyki</li> <li>Integracja z systemami CMMS, IIoT</li> <li>Praca zespołów inżynierskich nad analizą awarii (RCA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wymaga sensorów i systemów zbierania danych</li> <li>Przykład: wibracja łożyska zaczyna rosnąć – planowana wymiana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regularne przeglądy, wymiana części, czyszczenie</li> <li>Przykład: co 5000 mth wymiana filtra hydraulicznego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Redundancja: 2 pompy zamiast 1 – jedna działa, druga czeka</li> <li>Redesign: zmiana układu, który wcześniej był awaryjny</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Brak planowania, działanie tylko reaktywne</li> <li>Często kończy się długimi przestojami i kryzysami</li> </ul>
<b>Plusy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Największe bezpieczeństwo i dostępność urządzeń</li> <li>Eliminacja kosztów awarii i przestojów</li> <li>Działanie zgodne z filozofią Lean / TPM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Redukcja nieplanowanych przestojów</li> <li>Optymalizacja zasobów – naprawiamy tylko wtedy, kiedy trzeba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wydłuża żywotność maszyn</li> <li>Przewidywalny harmonogram działań</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Praktycznie 100% dostępność</li> <li>Minimalizacja ryzyka do zera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Najniższe koszty początkowe</li> <li>Proste w realizacji</li> </ul>
<b>Minusy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wysoki koszt wdrożenia</li> <li>Wymaga wiedzy, danych i zasobów</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nie eliminuje przyczyn, tylko reaguje wcześniej</li> <li>Wymaga inwestycji w systemy i szkolenie ludzi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Możliwe "przesadne" działania (np. wymiana części, które jeszcze działają)</li> <li>Nie wychwyty niespodziewanych uszkodzeń między przeglądami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bardzo wysokie koszty inwestycyjne</li> <li>Wymaga dużej wiedzy technicznej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minusy:</li> <li>Niska dostępność sprzętu</li> <li>Ryzyko wtórnych uszkodzeń, wyższych kosztów</li> <li>Niska przewidywalność</li> </ul>
<b>Kiedy stosować</b>	W instalacjach krytycznych, gdzie awaria to ogromne straty finansowe lub zagrożenie (np. rafinerie, przemysł chemiczny, energetyka).	W zakładach z umiarkowanie krytycznymi maszynami, gdzie awaria jest kosztowna, ale da się ją przewidzieć i zareagować z wyprzedzeniem.	Tam, gdzie brak rozbudowanego monitoringu, ale awarie są kosztowne – np. linie produkcyjne, maszyny CNC, transport wewnętrzny.	W przemyśle lotniczym, jądrowym, naftowym – tam, gdzie awaria to zagrożenie życia, środowiska, milionowe straty.	Tylko wtedy, gdy awaria nie powoduje poważnych skutków – np. przy tanich, mało ważnych urządzeniach (wentylatory, drobna elektronika).
<b>Typ Maintenance</b>	Condition-Based Maintenance		Total Planned Maintenance		Reactive Maintenance

13

Porównanie strategii					
					
Strategia	Poziom zaawansowania	Koszty początkowe	Ryzyko awarii	Wymagana technologia	Najlepiej sprawdza się...
Proaktywna	Bardzo wysoki	Wysokie	Najniższe	Bardzo wysoka	Zakłady high-tech, krytyczne systemy
Predykcyjna	Wysoki	Umiarkowane	Niskie	Wysoka	Produkcja seryjna, maszyny wirujące
Prewencyjna	Średni	Niskie–umiarkowane	Średnie	Średnia	Przemysł ogólny, oparte o harmonogram
Redundancja/Redesign	Bardzo wysoki	Bardzo wysokie	Znikome	Bardzo wysoka	Lotnictwo, energetyka, przemysł petrochemiczny
Run to Failure	Niski	Niskie	Wysokie	Brak lub minimalna	Urządzenia pomocnicze, niskokosztowe

14

## Przykłady zastosowania strategii



Strategia	Przykład maszyny / firmy
Proactive Maintenance	Siemens Energy – turbiny gazowe: analizują przyczyny źródłowe mikrodrgań
Predictive Maintenance	Toyota – linie montażowe: czujniki drgań i temperatury w silnikach i przenośnikach
Preventative Maintenance	Nestlé – harmonogram wymiany uszczelek i filtrów w liniach napełniających
Redundancy & Redesign	Boeing – samoloty z 3 niezależnymi systemami hydrauliki
Run to Failure	Mała firma z prasą do kartonów – nie planują napraw, wymieniają jak się zepsuje

15

## Root Causes – przyczyny źródłowe



### Smarowanie

- Jakość oleju
- Nieprawidłowy środek smarny
- Cząstki stałe
- Zapowietrzenie
- Temperatura (ciepło)


### Elementy mocujące, osiowanie, wyważenie:


- Nieprawidłowe wyważenie
- Niewspółosiowość
- Luzy konstrukcyjne
- Wadliwa konstrukcja

16

Technologia	Opis
Analizy olejowe	Ocena stanu oleju i zawartych w nim cząstek (np. metali, wody, sadzy). Pozwala wykryć: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zużycie wewnętrznych elementów (np. opiłki stali z łożysk)</li> <li>• degradację oleju (np. utlenianie, zanieczyszczenia)</li> <li>• obecność paliwa lub chłodziwa w oleju (nieszczelności)</li> </ul>
Analiza drgań	Pomiar i analiza drgań maszyn wirujących (np. silników, pomp, wentylatorów). Pomaga wykryć: <ul style="list-style-type: none"> <li>• niewyważenie</li> <li>• uszkodzenia łożysk</li> <li>• niewspółosiowość</li> <li>• luzy montażowe</li> </ul>
Zmienne procesowe	Monitorowanie parametrów takich jak: temperatura, ciśnienie, przepływ, poziom. Odchylenia mogą wskazywać na: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zatkanie rur</li> <li>• awarie zaworów</li> <li>• przegrzewanie się urządzeń</li> </ul>
Analiza ultradźwięków	Wykrywanie nieszczelności, tarcia lub łuków elektrycznych przez analizę dźwięków o wysokiej częstotliwości. Idealna do: <ul style="list-style-type: none"> <li>• wykrywania wycieków powietrza, gazu</li> <li>• kontroli łożysk w początkowym stadium uszkodzenia</li> </ul>
Analiza termowizyjna	Wykrywanie gorących punktów w instalacjach elektrycznych i mechanicznych. Ujawnia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przegrzewające się łożyska</li> <li>• przeciążone obwody</li> <li>• niedociśnięte złącza elektryczne</li> </ul>
MCSA – Motor Current Analysis	Pomiar i analiza przepływu prądu przez silnik elektryczny. Pomaga wykryć: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nierównomierne obciążenie</li> <li>• uszkodzenie uzwojeń</li> <li>• problemy mechaniczne (np. z pompą napędzaną przez silnik)</li> </ul>

17

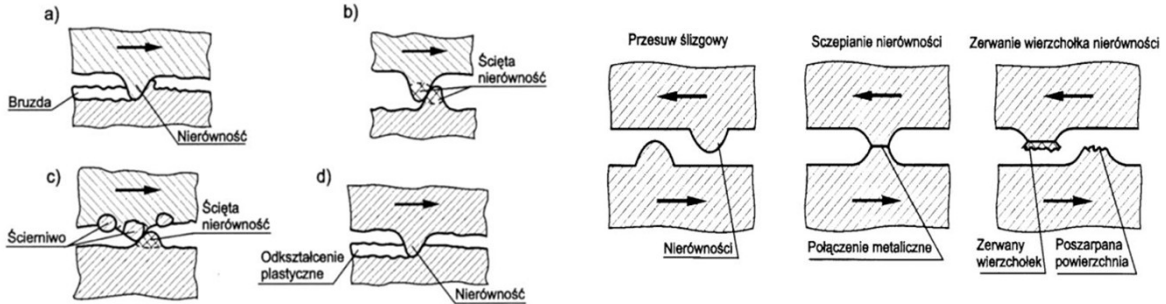




## Rodzaje zużycia współpracujących elementów

18

## Rodzaje zużycia



### Zużycie ściernie

- Kontakt metal - metal
- Twarda cząstka pochodząca z zewnątrz powoduje wycieranie współpracujących powierzchni

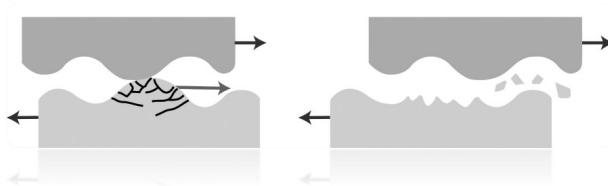
### Zużycie adhezyjne

- Następuje w wyniku lokalnego zespawania współpracujących powierzchni

Źródło grafik: EduPortalBielsko: Procesy zużycia elementów maszyn, urządzeń i narzędzi

19

## Rodzaje zużycia



### Zużycie zmęczeniowe

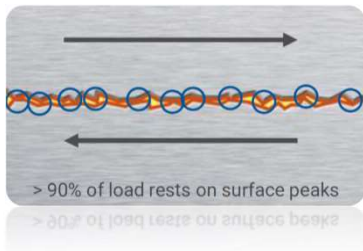
- Przeciążenia
- Cykliczne obciążenia
- Zmiana w profilu powierzchni wynikająca ze zużycia powierzchni lub z cząstek „uwięzionych” pomiędzy nimi

### Pozostałe:

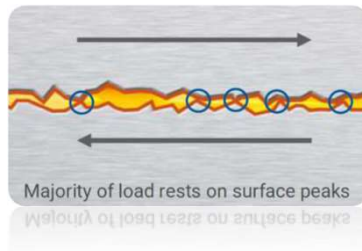
- Scuffing
- Łuszczenie (scaling)
- Pitting
- Fretting
- Korozyjne
- Erozyjne
- Kawitacyjne

20

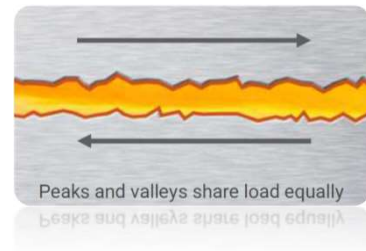
## Reżimy smarowania



**Tarcie suche/graniczne**



**Tarcie mieszane**



**Tarcie płynne**

Źródło grafik: Noria Machinery Lubrication Lunch & Learn



21

## Czynniki wpływające na obecność zwiększonych procesów zużyciowych



- Niedostateczny film smarny
- Zanieczyszczenia środka smarnego
- Błędy montażowe i eksploatacyjne
- Nadmierne obciążenia mechaniczne
- Warunki środowiskowe
- Brak monitorowania stanu technicznego

22


Aby temu zapobiec – konieczna jest diagnostyka. I tu właśnie pojawia się... badanie oleju.

23

## Dlaczego warto badać środki smarne?

OSZCZĘDNOŚCI DZIĘKI SKUTECZNYM PROGRAMOM SMAROWANIA Z ANALIZĄ OLEJU

- 20% zredukowane koszty utrzymania ruchu oraz napraw
- 20% zredukowane koszty zakupu środków smarnych
- 13% mniej pracy na niepotrzebne naprawy
- 7,5% mniejsze zużycie energii poprzez „kontrolę tarcia”
- 5% zredukowane koszty na zakup nowych urządzeń




Prof. Dr. H. Peter Jost, Father of Tribology  
Jost Institute for Tribology, University of central Lancashire, UK  
Jost Report, British Ministry of State for Education and Science

### What is the Role of Lubrication in Maintenance Reliability

#### The Hub of the Industrial Wheel


What are the Potential Savings to Industry through Effective Lubrication Education and Application?  
According to Dr. Peter Jost, the Jost Report (circa 1966)



Jost Report, British Ministry of State for Education and Science, H. Peter Jost., as shown in Bannister, Lubrication for Industry

#### Peter Jost – Father of Tribology 1920-2016

Prof. Dr. H. Peter Jost, Jost Institute for Tribotechnology, University of Central Lancashire, UK



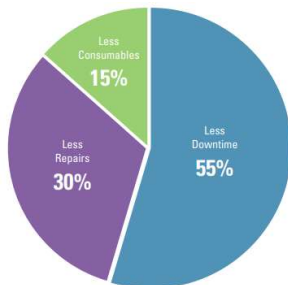
- Lubrication best **practice** saves money!
  - 20% cost reduction for maintenance an refurbishment
  - 20% cost reduction for lubricant procurement
  - 13% less work for unnecessary repairs
  - 7.5% less energy consumption by „controlled“ friction
  - 5% cost reduction for purchase of new machines

→ Lubrication **practice** ?

- Lubrication has to be done (to be alive)
- Papier is patient (manuals, instructions...)
- Papier has not to be lubricated ☹
- We do not lubricate standards or specification, but we lubricate machines
- The difference is always: people
- People with an eye for details, whitout loosing the view on the whole mission

24

## Przykłady redukcji kosztów dzięki diagnostyce olejowej



### Conclusion from All Nine Lubrication Programs.

Combined one-year sample count for all nine lubrication programs is 10,060 samples tested with onsite oil analysis. Combined lubrication programs cost savings was \$8,436,000. On average, the effective lubrication programs saved \$839.00 for every sample tested.

Refinery, assembly, stamping, power, food and beverage and electronic component manufacturing industries are diverse businesses. However, all of them depend on pumps, motors, compressors, gearboxes, and other rotating, reciprocating and articulating machinery to produce products. The reliability programs in these plant sites focused on lubrication of production machinery, resulting in sustained reliability improvements year after year.

In these nine lubrication programs, motivated technicians used onsite oil analysis within their respective successful lubrication programs. These individuals and their lubrication programs have been recognized by their corporations and by their peers as evidenced by the publications cited in footnotes below. An average savings of more than \$800.00 per sample for more than 10,000 samples tested within these nine lubrication programs deserves recognition. These case history publications show how to improve reliability by building successful lubrication programs within plant sites and across corporations.

Published Reports of Effective Programs	1-Year Oil Analysis Sample Count	1-Year Lubrication Program Cost Avoidance	1-Year Cost Avoidance / 1-year Sample Count
Petroleum Refinery	960	\$1,920,000	\$2,000
Stamping Plant	1,200	\$2,100,000	\$1,750
Feed Processing Plant	1,000	\$1,100,000	\$1,100
Nuclear Power Plant	1,200	\$1,219,000	\$1,016
27 Coal Pulverizers	300	\$230,000	\$767
Assembly Plant	1,200	\$700,000	\$583
Food Processing Plant	300	\$168,000	\$560
135 Vacuum Pumps	300	\$99,000	\$330
3 Fossil Power Plants	3,600	\$900,000	\$250
<b>Combined</b>	<b>10,060</b>	<b>\$8,436,000</b>	<b>\$839</b>

Spectro Scientific - White paper „Annual Cost Savings From Effective Lubrication Programs With Onsite Oil Analysis” Ray Garvey

25

## Przykłady redukcji kosztów dzięki diagnostyce olejowej



### Feed Processing Plant.<sup>(6)</sup>

This food processing plant experienced consistent equipment failure before implementing its effective lubrication program. It could take over three quarters of the day just getting the plant back up and running after a breakdown. The plant operated in a reactive mode, keeping spare parts in the storeroom to fix machines as necessary. If the facility didn't have the parts, the machines would be down until the appropriate components arrived. During these unscheduled downtime intervals, perishable ingredients had to be sold to competitors at a reduced cost to avoid expiration. Now with the improved lubrication program, the plant achieved approximately \$1.1 million cost avoidance due to 50% less downtime, fewer repairs, improved contamination control and lubricant consolidation. The facility implemented validated cautionary and critical planning for scheduling 85 percent of its work orders because employees can identify necessary replacement parts before the machines fail.

### Stamping Plant.<sup>(5)</sup>

This stamping plant lubrication program initially consolidated lubricants and addressed leakage. Onsite oil analysis detected and quantified progressing fatigue and shear failures in rocker mechanisms from two 1000 ton Hamilton Presses. Continued operation without immediate maintenance would have been catastrophic. Onsite oil analysis findings avoided danger to the press operators. Without oil analysis, problems like these are not known until the table drops. At that point, it takes several months to repair. These results allowed both presses to be repaired quickly. Press 16-3 took about three weeks to repair a broken rocker arm. The sheared stud on press 16-4 was repaired within 24 hours. Several months of lost production was avoided by detecting these hidden problems and planning and scheduling the repairs. Savings in each case is estimated at \$50,000 in avoided maintenance and \$1,000,000 in lost production.

Spectro Scientific - White paper „Annual Cost Savings From Effective Lubrication Programs With Onsite Oil Analysis” Ray Garvey

26

## Przykłady redukcji kosztów dzięki diagnostyce olejowej



Parametr	Obecny poziom	Proponowany poziom	Wydłużenie żywotności
Zanieczyszczenie cząstkami	ISO 19/16	ISO 15/12	Dwukrotne
Zanieczyszczenie wodą	1000 ppm	250 ppm	Dwukrotne
<b>Skumulowane przedłużenie żywotności</b>			<b>Czterokrotne</b>

Proaktywna strategia utrzymania ruchu daje mierzalne wydłużenie żywotności danego urządzenia. To wydłużenie życia można przeliczyć na rzeczywiste pieniądze.

Quantifying the proactive benefits is a simple division of the current failure costs due to wear and failure by the life extension factor. In other words, in the bearing system example, every dollar currently lost per year due to failure would be reduced by 75% if the proposed particle and moisture targets are achieved. Proactive maintenance makes money because it effectively reduces the number of failure events that occur for a given time period.

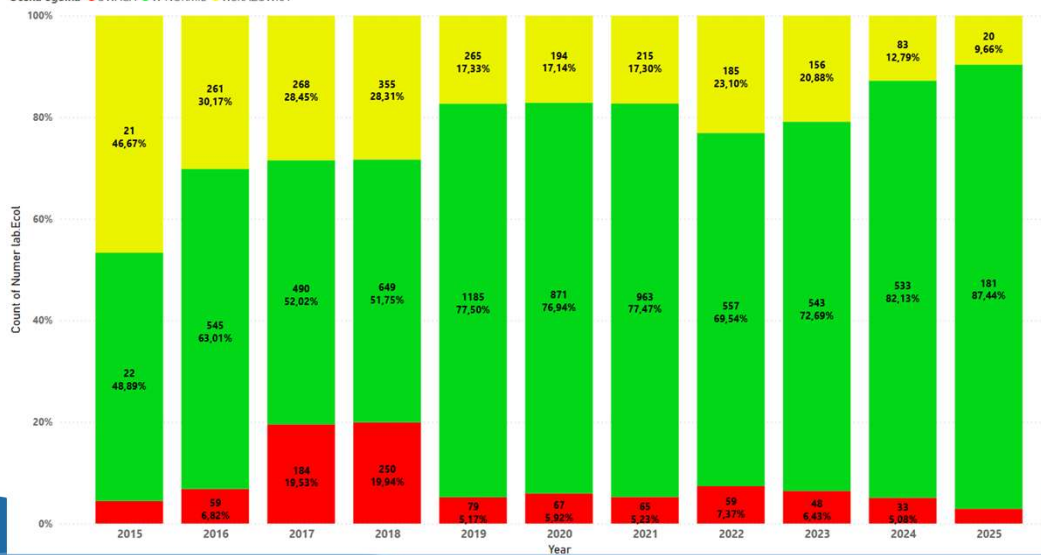
Źródło: Noria Corporation Calculating oil analysis return of investment

27

## Poprawa niezawodności parku maszynowego (tabor kolejowy)

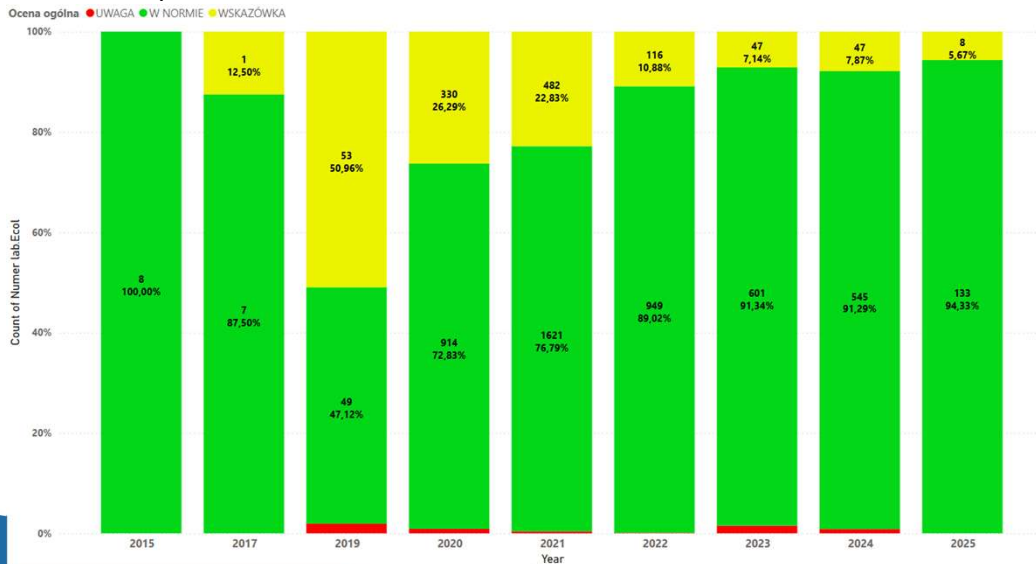


Ocena ogólna ● UWAGA ● W NORMIE ● WSKAZÓWKA



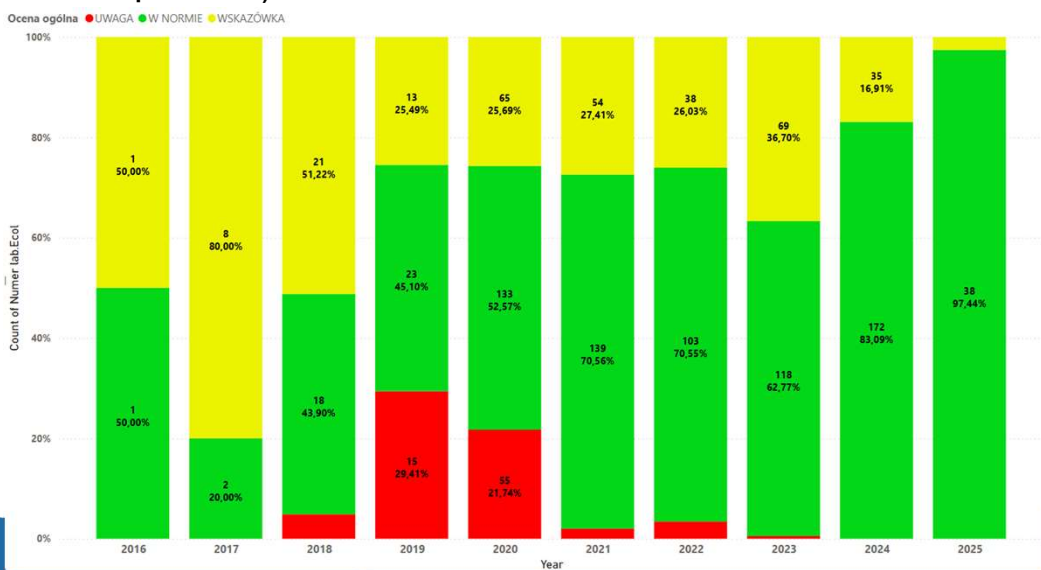
28

## Poprawa niezawodności parku maszynowego (Elektrownia)



29

## Poprawa niezawodności parku maszynowego (Elektrociepłownia)



30

## Koszty nieplanowanych przestoju



### Hourly costs of downtime up at least 50% in just two years

**\$2 million an hour**

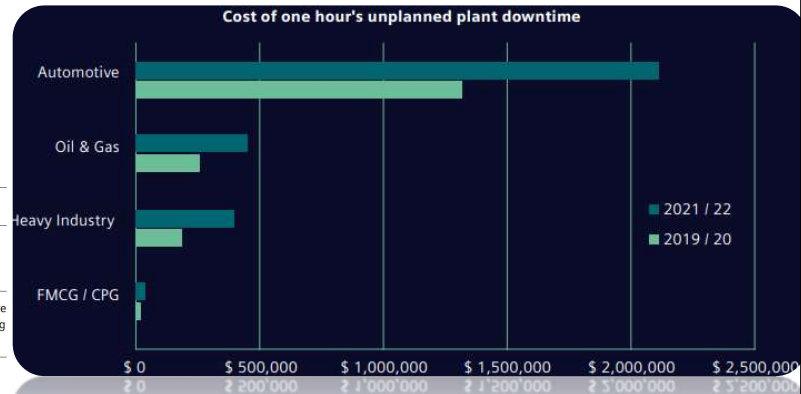
costs of unplanned downtime in certain sectors.

**50% rise in costs**

of an hour's downtime in every sector surveyed, compared with 2019–20. Downtime is getting more costly – much more costly and very fast.

**In every sector surveyed**

an hour's downtime now costs a firm at least 50% more than it did two years ago. Unplanned downtime is a drag on firms' profits that businesses can no longer ignore.



Dane według Siemens, Senseye Predictive Maintenance, The True Cost of Downtime 2022

31



## Koszty nieplanowanych przestoju



- Save 1.6 million hours of downtime annually
- Realize a 6% productivity boost worth \$734 billion
- Achieve a 40% reduction in maintenance costs worth \$236 billion and deliver a 4% boost to the bottom line<sup>1</sup>
- Recoup 171,000 lost hours and deliver a 12% boost in productivity worth up to \$354 billion a year for automotive manufacturers in the Fortune Global 500
- Save Fortune Global 500 FMCG manufacturers 607,000 production hours a year, and deliver a 2% productivity boost worth \$23.5 billion
- Save Fortune Global 500 organizations in Heavy Industry over 740,000 lost hours a year, and provide a \$323 billion annual productivity boost
- Save Fortune Global 500 Oil & Gas producers 72,000 hours a year in their refineries alone, and deliver a \$33 billion productivity boost

Dane według Siemens, Senseye Predictive Maintenance, The True Cost of Downtime

32

## Wpływ czystości oleju na trwałość elementów

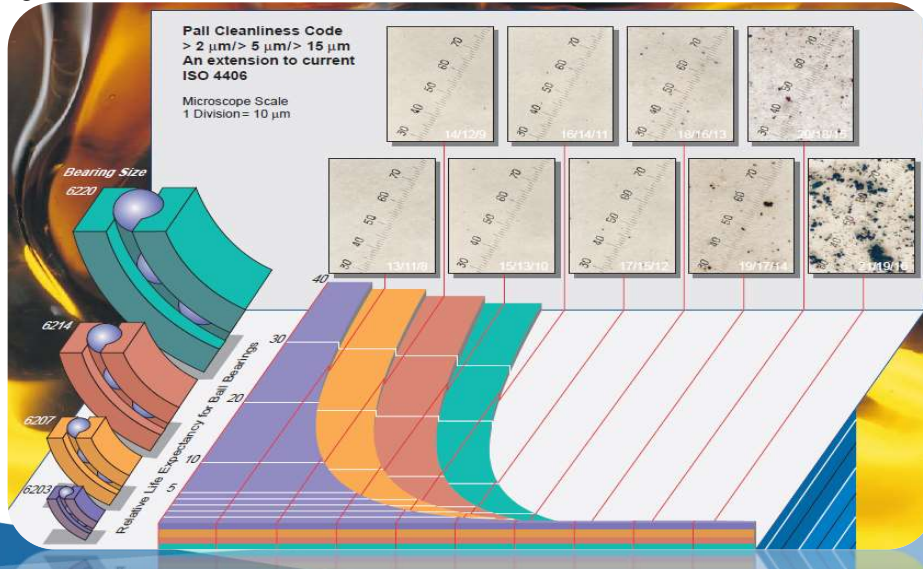
33

## Wpływ czystości oleju na żywotność przekładni

Klasa czystości	Opis	Zastosowanie	Zmiana żywotności
ISO 14/12/10	Bardzo czysty olej	Wszystkie przekładnie	200%
ISO 16/14/11	Czysty olej	Wrażliwe przekładnie	150%
ISO 17/15/12	<b>Olej lekko zanieczyszczony</b>	<b>Typowe przekładnie</b>	<b>100%</b>
ISO 19/17/14	Nowy olej	Mało wrażliwe przekładnie	75%
ISO 22/20/17	Olej mocno zanieczyszczony	Nie zaleca się	50%

34

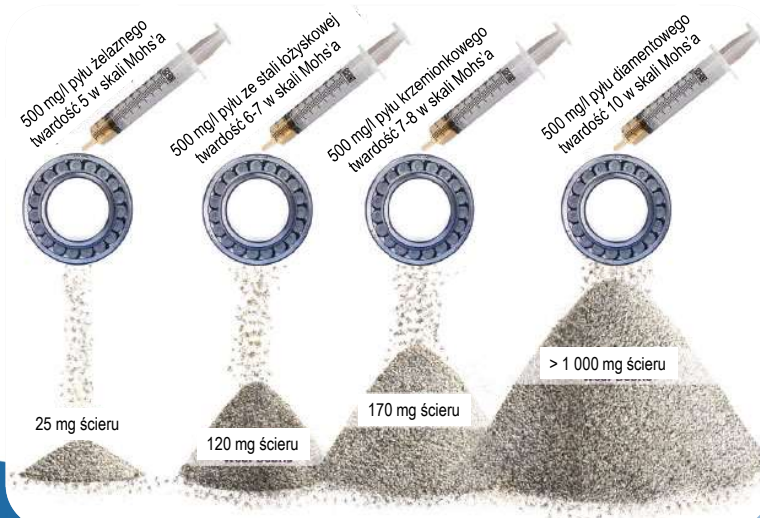
## Wpływ klasy czystości oleju na żywotność łożyska



Źródło: PALL Corporation

35

## Wpływ twardości cząstek ściernych na intensywność zużycia łożysk tocznych



Zwiększenie twardości cząstek z 5 do 10 jednostek w skali Mohs'a powoduje **ponad 40-krotne zwiększenie intensywności zużycia !!!**

36

## Wpływ zawartości wody w oleju na trwałość łożysk

