

PODSTAWY EKSPLOATACJI MASZYN

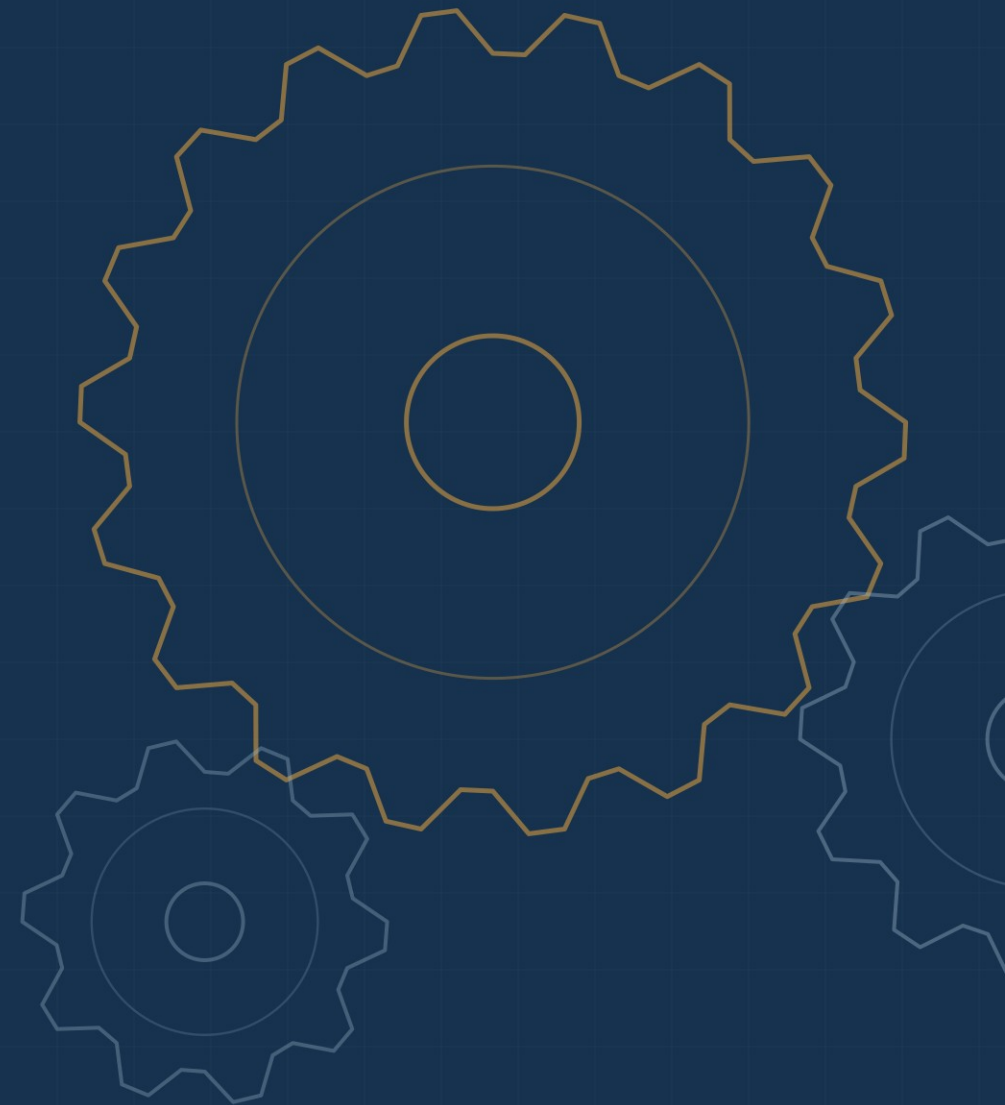
Wykład 2

Działania ze środkiem technicznym

dr inż. Radosław Gościński

Akademia Techniczno-Artystyczna Nauk Stosowanych w Warszawie

Wykład opracowany na podstawie książki „Inżynieria eksploatacji maszyn” Bronisława Słowińskiego



Plan wykładów

W1

Wprowadzenie do
problematyki
eksploatacji

W2

**Działanie ze
środkami
technicznymi**

W3

Systemowe ujęcie
eksploatacji

W4

Utrzymanie ruchu
maszyn

W5

Trwałość i zużycie
maszyn

W6

Elementy
diagnostyki
maszyn

W7

Podstawy badań
eksploatacyjnych

W8

Elementy teorii
niezawodności

W9

Prognozowanie
niezawodności

W10

Metody poprawy
niezawodności

W11

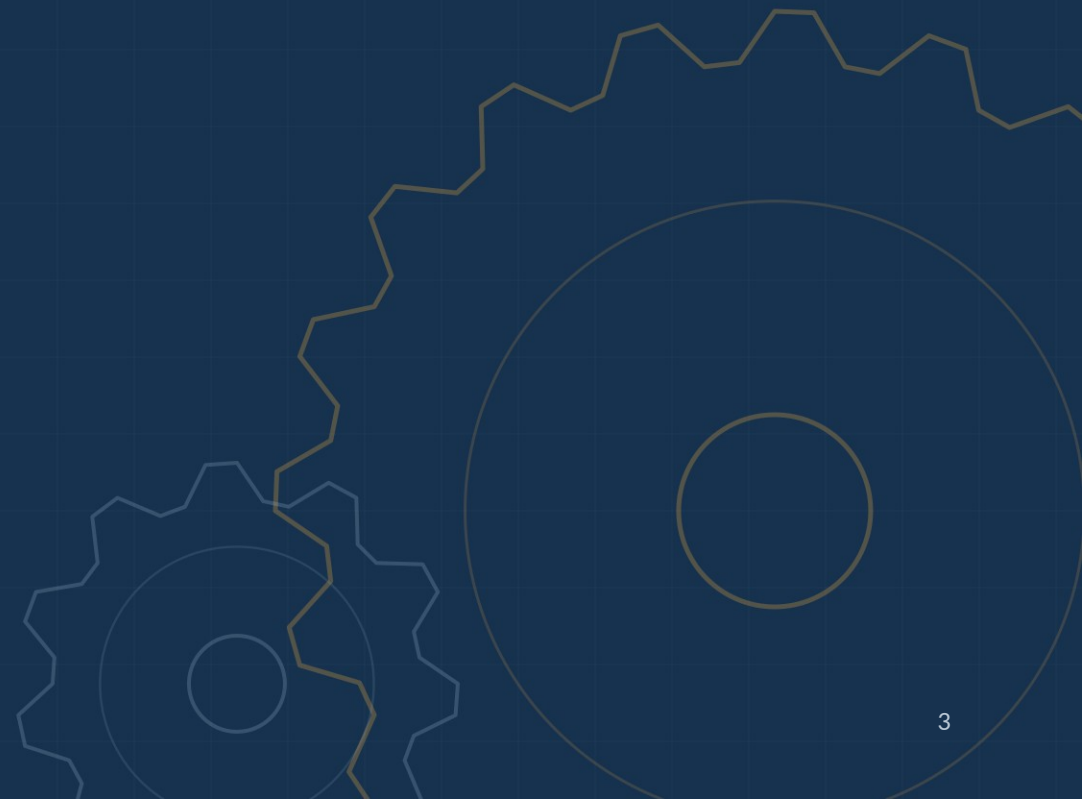
Procesy obsługi
technicznej

Dzisiaj: W2. Działania ze środkiem technicznym

01

Realizacja potrzeb społecznych

Środki techniczne jako pomoc człowieka w działaniu



Działanie i środki techniczne

Działanie jest to świadome zachowanie się człowieka, podjęte w celu zrealizowania jakiejś potrzeby. Człowiek w swym działaniu, z racji swojej niewielkiej wydolności fizycznej, wspomaga się różnymi pomocami. Pomoce te przyjęto określać jako „**środki techniczne**”. Pojęciem tym określa się sztucznie wytworzone obiekty, realizujące wyznaczone im funkcje. Środki techniczne służą człowiekowi do ulżenia pracy, pomnożenia jej efektów, lub wyzwolenia się od jej trudów. Istotą działania środków technicznych jest transformacja: masy, energii lub informacji. Transformacja ta może być dwojakiego rodzaju:

- **maszynowa**, realizowana przez maszyny,
- **niemaszynowa**, realizowana przy użyciu narzędzi.



KLUCZOWA MYŚL

Istotą działania środków technicznych jest **transformacja masy, energii lub informacji.**

Rodzaje maszyn wg dokonywanej transformacji

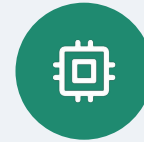
W zależności od rodzaju dokonywanej transformacji wyróżnia się:



Maszyny energetyczne
np. silniki (transformacja energii),



Maszyny technologiczne
np. obrabiarki (transformacja masy),



Maszyny elektroniczne
np. komputery (transformacja informacji).

Z założenia więc maszyna to urządzenie zastępujące człowieka w przestrzeni zadaniowej. Podstawowym wymogiem jest realizacja przewidzianej czynności, czyli zdolność zadaniowa. Maszyna ma nieporównanie bardziej większą zdolność zadaniową niż człowiek. Ponadto, ma zapisaną w oprogramowaniu perfekcję, kieruje się wyłącznie logiką i nie musi pamiętać o innych ludziach.

Mechanizacja i automatyzacja

W zakresie stopnia automatyzacji można wyróżnić dwie istotne fazy:



Mechanizacja

to zastąpienie pracy ręcznej pracą maszyn; człowiek nie dostarcza już energii, kieruje maszyną oraz steruje jej wewnętrznymi procesami,

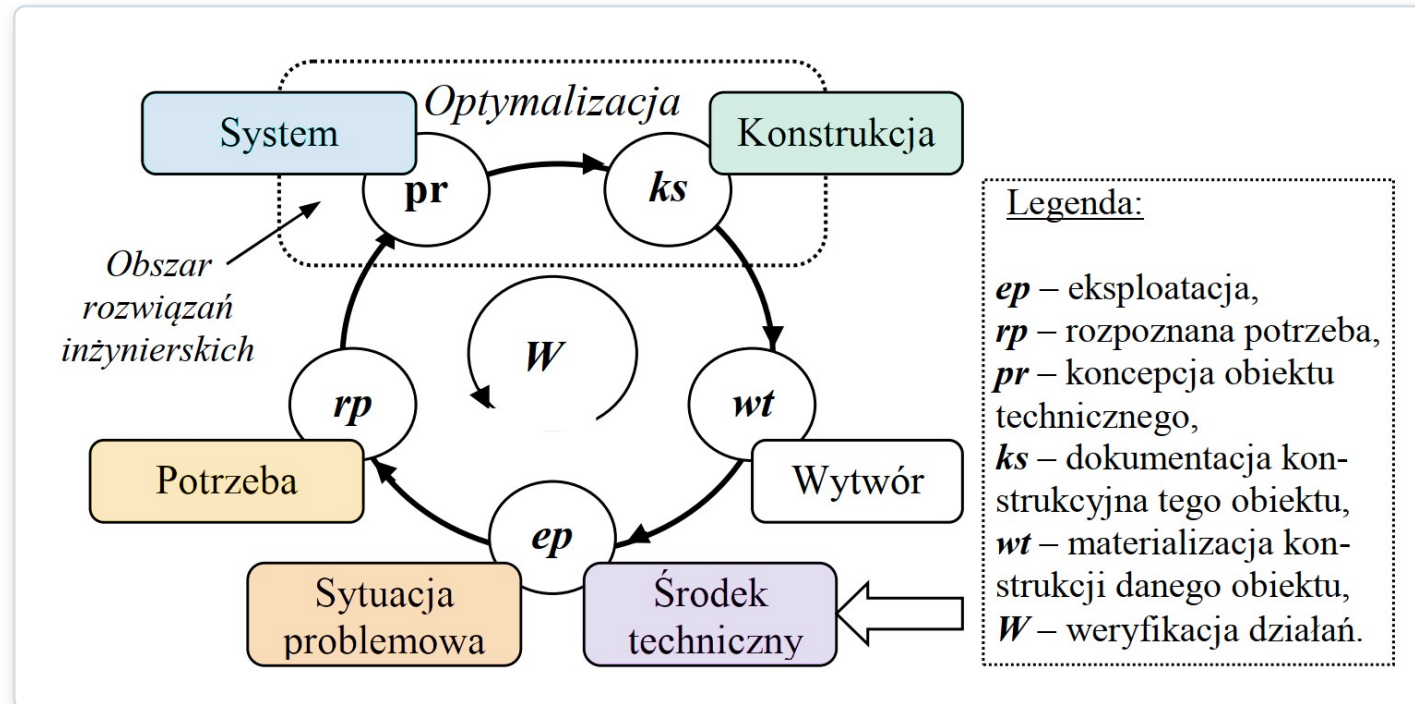


Automatyzacja

to całkowite wyeliminowanie (automatyzacja kompleksowa) lub znaczne ograniczenie (automatyzacja częściowa) bezpośredniego udziału człowieka w pracę maszyn.

Automatyzacja jest jednym z najlepszych sposobów na osiągnięcie efektywności operacyjnej, szczególnie wtedy, gdy nowe maszyny są używane w połączeniu z nowoczesną techniką informatyczną. Może mieć naturę techniczną, ekonomiczną i organizacyjną.

Automat Dietrycha – cykl życia środków technicznych



Automat Dietrycha opisujący cykl życia środków technicznych

ep – eksploatacja (sytuacja problemowa)

rp – rozpoznana potrzeba

pr – koncepcja obiektu technicznego (system)

ks – dokumentacja konstrukcyjna obiektu

wt – materializacja konstrukcji (wytwór)

W – przeciwbieżna weryfikacja działań

02

Maszyna jako środek techniczny

Narzędzie, maszyna, urządzenie – własności i właściwości



Dwie grupy środków technicznych

Wśród środków technicznych wyróżniamy dwie grupy:



Pomieszczenia

istotą tych środków jest spowalnianie zmian (np. na skutek klimatu),



Urządzenia

istotą których jest przyspieszanie zmian (np. podczas obróbki).

Narzędzie a maszyna – definicje

Urządzenia zwiększają siłę oddziaływania człowieka na otaczającą go rzeczywistość (intensyfikują pracę użyteczną). Wyróżnia się tu narzędzia i maszyny:



Narzędzie

to, ogólnie, układ materialny służący do celowego przekształcania innych układów materialnych i/lub do przekazywania komunikatów. Jego istotą jest to, że wymaga manipulacji i charakteryzuje się elastycznością,



Maszyna

to kombinacja ciał sztywnych, tak zestawionych, że przy ich pomocy można zmusić siły przyrody do wykonywania pracy. Jej istotą jest to, że wymaga obsługi i charakteryzuje się specjalizacją. Każda maszyna jest środkiem technicznym, ale nie każdy środek techniczny jest maszyną. Warunkiem koniecznym, aby coś nazwać maszyną, jest dostarczanie na wejściu energii innej niż od mięśni człowieka. Potocznie maszyny określa się pojęciem „urządzenie”. Urządzenie jest jednak pojęciowo szersze niż maszyna.

Własność i właściwość środka technicznego

Każdy środek techniczny charakteryzują dwie cechy:



Własność

cecha, którą nadaje się w trakcie konstruowania; po utracie tej cechy wyrób przestaje być tym, czym był – staje się innym wyrobem, np. krzesło po odcięciu oparcia przestaje być krzesłem, a staje się taborettem,



Właściwość

cecha, którą nabywa wyrób podczas eksploatacji ze względu na relacje do innego środka technicznego, np. właściwością danego samochodu jest to, że zużywa więcej paliwa od innego.

Stopień niezależności działania

Zasadnicza różnica między maszyną a narzędziem wyraża się stopniem niezależności ich działania:



Narzędzie

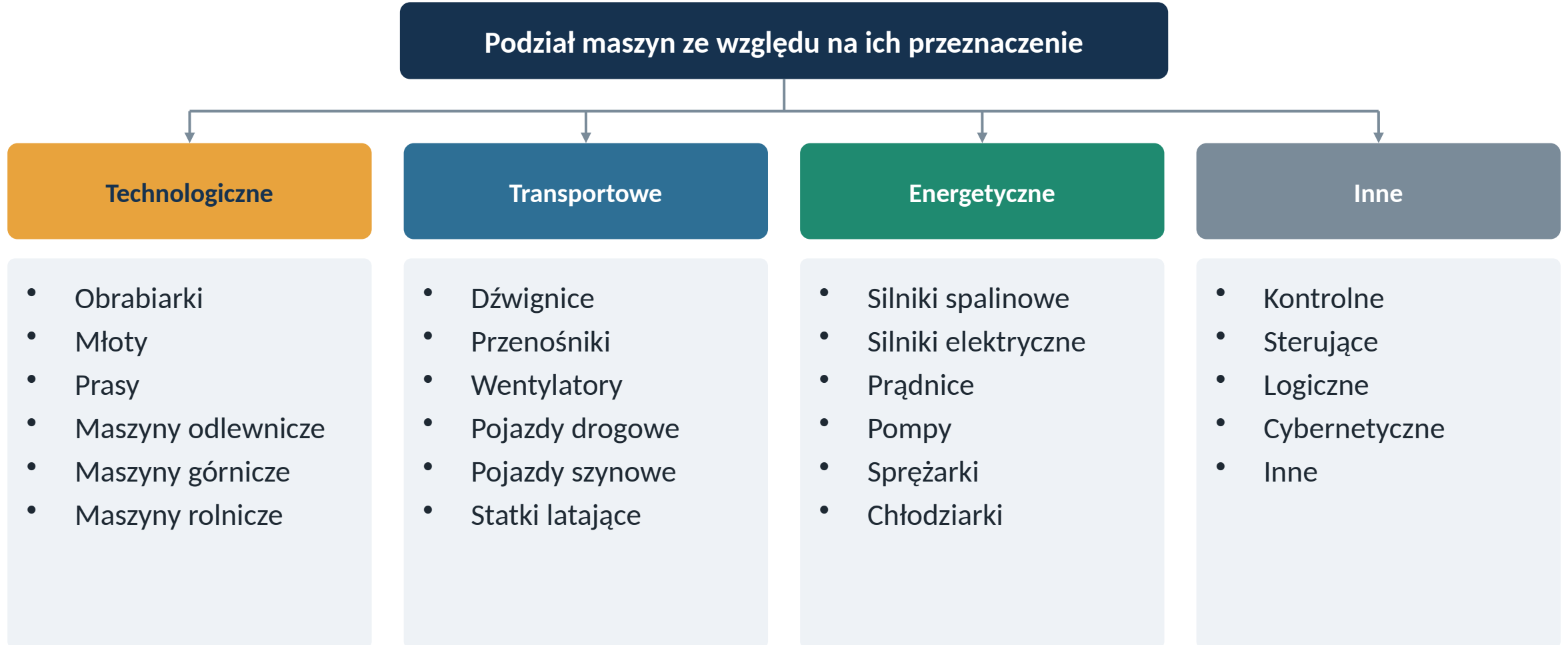
wymaga manipulacji i charakteryzuje się elastycznością,



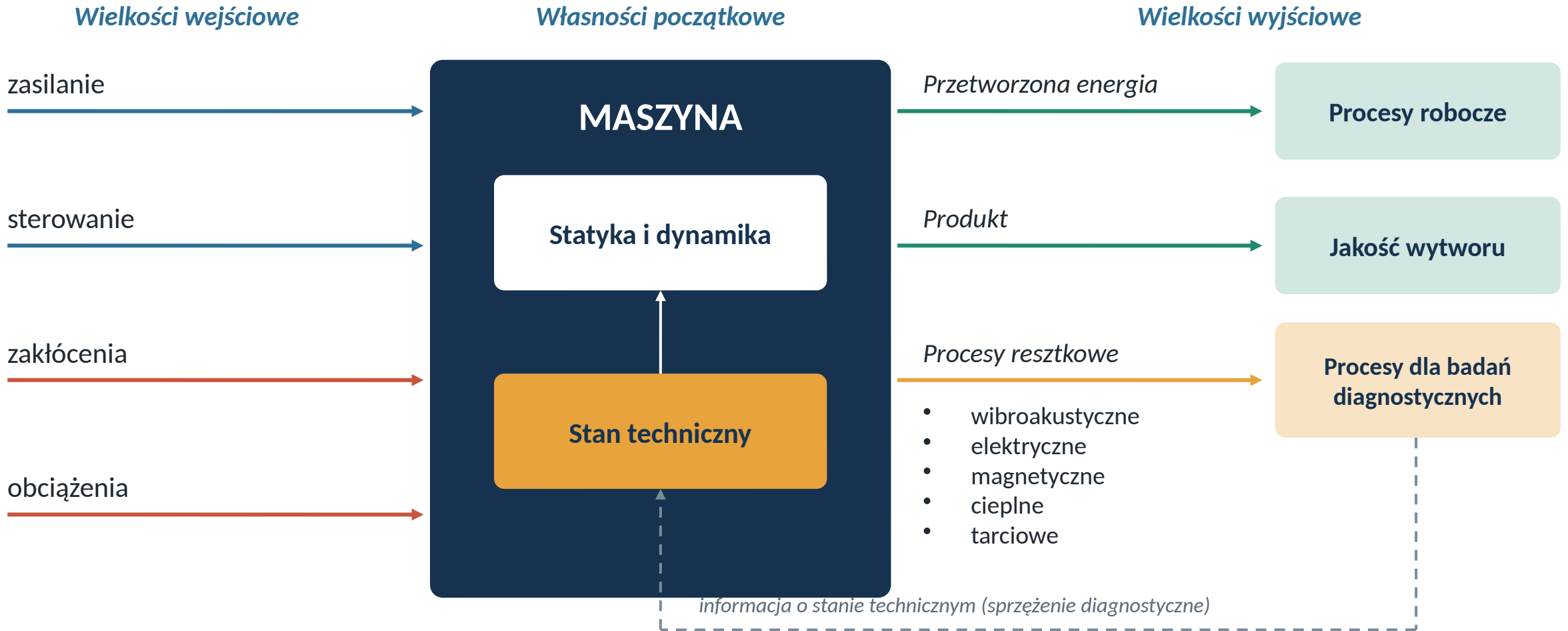
Maszyna

wymaga obsługi i charakteryzuje się specjalizacją

Podział maszyn ze względu na przeznaczenie



Czynniki opisujące maszynę – „3 W”



Sprawność środka technicznego

Przyjmując, że działanie realizowane jest przy użyciu maszyny, wyróżnia się:

- **intensywność działania teoretyczną** (ω_{max}), będącą własnością tego działania, czyli przewidzianego przez konstruktora w procesie projektowania tego wyrobu,
- **intensywność działania praktyczną** (ω_p), będącą właściwością tego działania, czyli uzyskanego w procesie eksploatacji.

Biorąc to pod uwagę można określić sprawność środka technicznego η :

SPRAWNOŚĆ

$$\eta = \frac{\omega_p}{\omega_{max}}$$

Ruch maszyny możliwy tylko gdy $\eta > 0$

Zgodnie z II zasadą termodynamiki
zawsze $\eta < 1$

03

Wymagania stawiane środkom technicznym

Od zbioru wymagań do przepisów UE i oceny ryzyka



Trzy poziomy wymagań

Wymagania stawiane środkom technicznym można dzielić na rozmaite kategorie.

Najbardziej ogólny ich zbiór można sformułować następująco:



Bezwzględne

wymagania, które muszą bezwzględnie być spełnione (bezpieczeństwo),



Pożądane

wymagania, które są pożądane, ale nie niezbędne,

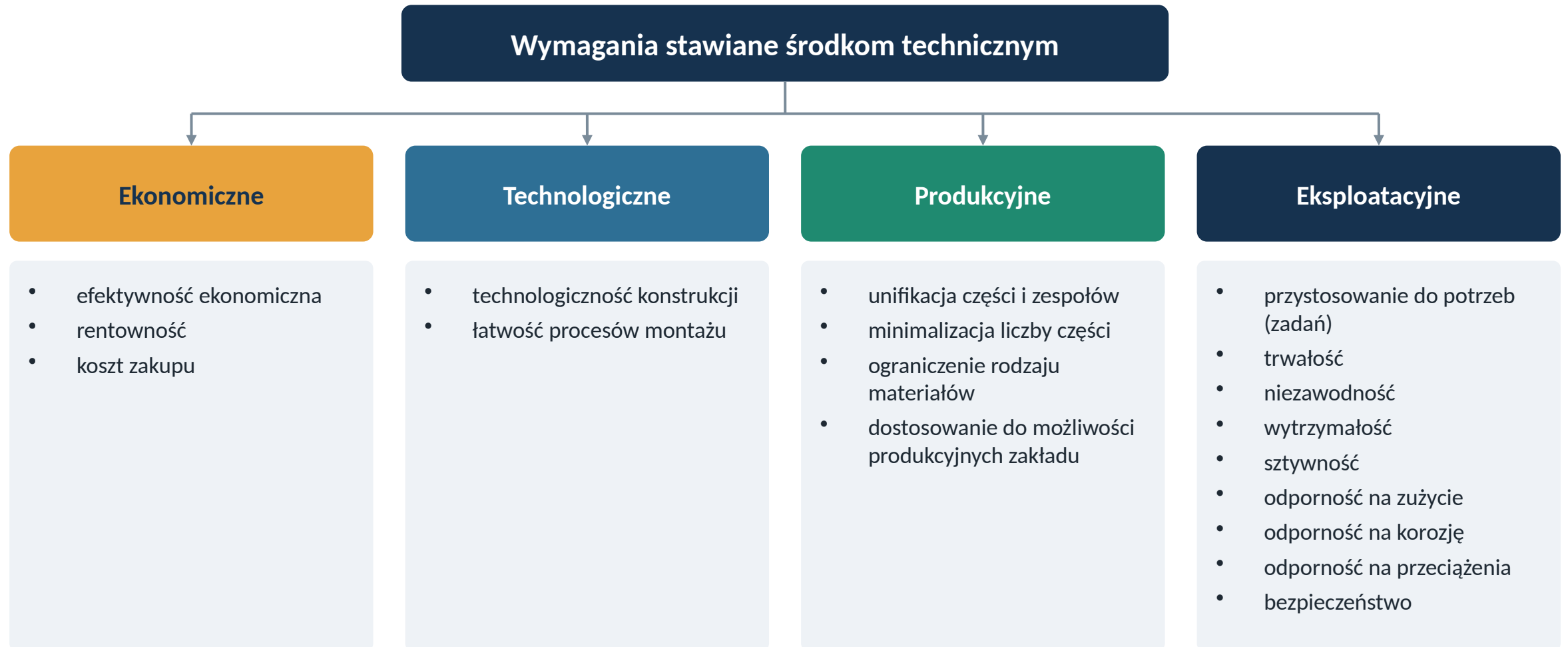


Podrzędne

wymagania o znaczeniu podrzędnym, które mogłyby zostać pominięte.

Ogólnie dla maszyn nie ma jednoznacznie określonych i w sposób uzasadniony zróżnicowanych wymagań projektowych.

Wymagania stawiane maszynom jako środkom technicznym



Specyfikacja wymagań w projektowaniu

W procesie projektowania i konstruowania środków technicznych, specyfikacja merytorycznie jednoznacznego, spójnego i kompletnego zbioru wymagań jest jednym z istotnych warunków powodzenia oferty produkcyjnej. Praktycznie trudno jest utworzyć, bez dokładnych analiz i działań wstępnych, dobry zbiór wymagań. Wymaganie powinno być bowiem cechą systemu technicznego lub opisem tego, co projektowany środek techniczny powinien realizować, aby osiągnąć założony cel. Natomiast jak to ma realizować, jest przedmiotem projektu.



KLUCZOWA MYŚL

Wymaganie mówi **co** środek techniczny ma realizować.
Jak – to już przedmiot projektu.

Funkcja celu i ograniczenia

Z przedstawionych powyżej wymagań (W), według których ma być wykonana projektowana maszyna, zwykle wydziela się zbiór wymagań dotyczących jakości użytkowej (WQU), lub jakości technologicznej (WQT), względnie też jakości dystrybucji (WQD) i traktuje się jako funkcję celu. Jest to kryterium, według którego można oceniać dokonany wybór rozwiązania najlepszego spośród dopuszczalnych rozwiązań.

Resztę wymagań traktuje się jako ograniczenia, których nie należy przekraczać, oznaczając je jako (WO).



KLUCZOWA MYŚL

Część wymagań (WQU, WQT, WQD) staje się **funkcją celu**, pozostałe – **ograniczeniami WO**.

Klasyfikacja wymagań wobec środków technicznych



Dyrektywa Maszynowa 2006/42/WE i rozporządzenie 2023/1230

W Unii Europejskiej minimalne wymagania dotyczące środków technicznych użytkowanych w miejscach pracy (maszyn, narzędzi i aparatury oraz związanych z nimi instalacji) określa **Dyrektywa Maszynowa nr 2006/42/WE**, należąca do grupy tzw. dyrektyw społecznych, kierowanych do użytkowników maszyn i innych urządzeń technicznych, a przede wszystkim do pracodawców.

Dyrektywa Maszynowa nr **2006/42/WE**, która obowiązuje od 29 grudnia 2009 roku, jest nadal aktualna. Jednak zostanie zastąpiona przez nowe rozporządzenie **2023/1230/UE**, które zacznie obowiązywać od 20 stycznia 2027 roku. Nowe przepisy wprowadzą zmiany związane z nowymi technologiami, takimi jak sztuczna inteligencja i cyberbezpieczeństwo, oraz rozszerzą wymagania dotyczące bezpieczeństwa na pojazdy osobiste, jak skutery i rowery elektryczne. Do tego czasu dyrektywa **2006/42/WE** pozostaje w mocy i nadal reguluje kwestie związane z bezpieczeństwem maszyn wprowadzanych na rynek unijny.



KLUCZOWA MYŚL

Do 20 stycznia 2027 r.
obowiązuje dyrektywa
2006/42/WE; od tej daty –
rozporządzenie (UE)
2023/1230.

Od dyrektywy do rozporządzenia – oś czasu

2006



przyjęcie dyrektywy 2006/42/WE

29.12.2009



dyrektywa 2006/42/WE zaczyna obowiązywać

29.06.2023



publikacja rozporządzenia (UE) 2023/1230

20.01.2027



rozporządzenie zastępuje dyrektywę



Sztuczna inteligencja

wymagania dla maszyn z zachowaniem lub logiką rozwijającą się autonomicznie



Cyberbezpieczeństwo

ochrona układów sterowania przed zmanipulowaniem i ingerencją z sieci



Instrukcje cyfrowe

dopuszczalna forma elektroniczna dokumentacji (papier na żądanie)



Rozporządzenie

stosowane bezpośrednio we wszystkich państwach UE – bez transpozycji

Dyrektywa 2009/104/WE – użytkowanie sprzętu roboczego

Dodatkowe wymagania ustala **Dyrektywa Narzędziowa 655/WE** (aktualnie w zaktualizowanej formie jako **Dyrektywa 2009/104/WE**) dotyczy minimalnych wymagań bezpieczeństwa użytkowania maszyn i sprzętu roboczego. Obejmuje ona zarówno nowe, jak i używane maszyny, wprowadzając obowiązek ich bezpiecznego użytkowania i konserwacji przez pracodawców. Zastąpiła wcześniejszą wersję dyrektywy z 1989 roku (**89/655/EWG**) i wprowadza spójne zasady bezpieczeństwa dla sprzętu używanego w pracy. Dyrektywa ta wymaga, by sprzęt roboczy był odpowiednio instalowany, konserwowany i użytkowany zgodnie z zasadami bezpieczeństwa, a także aby był wykorzystywany tylko przez odpowiednio przeszkolonych pracowników. Aktualnie stanowi część skonsolidowanego prawa UE dotyczącego bezpieczeństwa maszyn i urządzeń.

Dyrektywy te nakładają na przedsiębiorców określone obowiązki w zakresie dostosowania maszyn do zastrzonych wymagań bezpieczeństwa.



KLUCZOWA MYŚL

Dyrektywa maszynowa adresowana jest do **producentów**, a dyrektywa 2009/104/WE – do **pracodawców** użytkujących maszyny.

Wymaganie → działanie dostosowawcze (1)

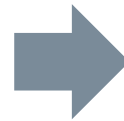
Obowiązkiem producenta jest więc rozpoznanie wszystkich zagrożeń odnoszących się do danej maszyny, które musi następnie uwzględnić podczas projektowania i wytwarzania danej maszyny.

Przykładowo do danych wymagań istnieje obowiązek działań dostosowawczych:



WYMAGANIE

Uruchomienie maszyny winno być tylko przez celowe zadziałanie na przeznaczony do tego celu układ sterowania,



DZIAŁANIE DOSTOSOWAWCZE

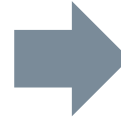
Zastosowanie rozwiązań technicznych wykluczających możliwość samoczynnego uruchomienia, np. po opuszczeniu osłony z blokadą, zadziałaniu wyłącznika krańcowego, przywróceniu napięcia zasilania, itp.

Wymaganie → działanie dostosowawcze (2)



WYMAGANIE

Winna być ograniczona możliwość bezpośredniego kontaktu z ruchomymi częściami maszyny mogącego powodować wypadki,



DZIAŁANIE DOSTOSOWAWCZE

Dostęp do strefy zagrożenia blokują osłony, które mają trwałą konstrukcję, nie mogą być łatwo usuwane lub wyłączane ze stosowania,



WYMAGANIE

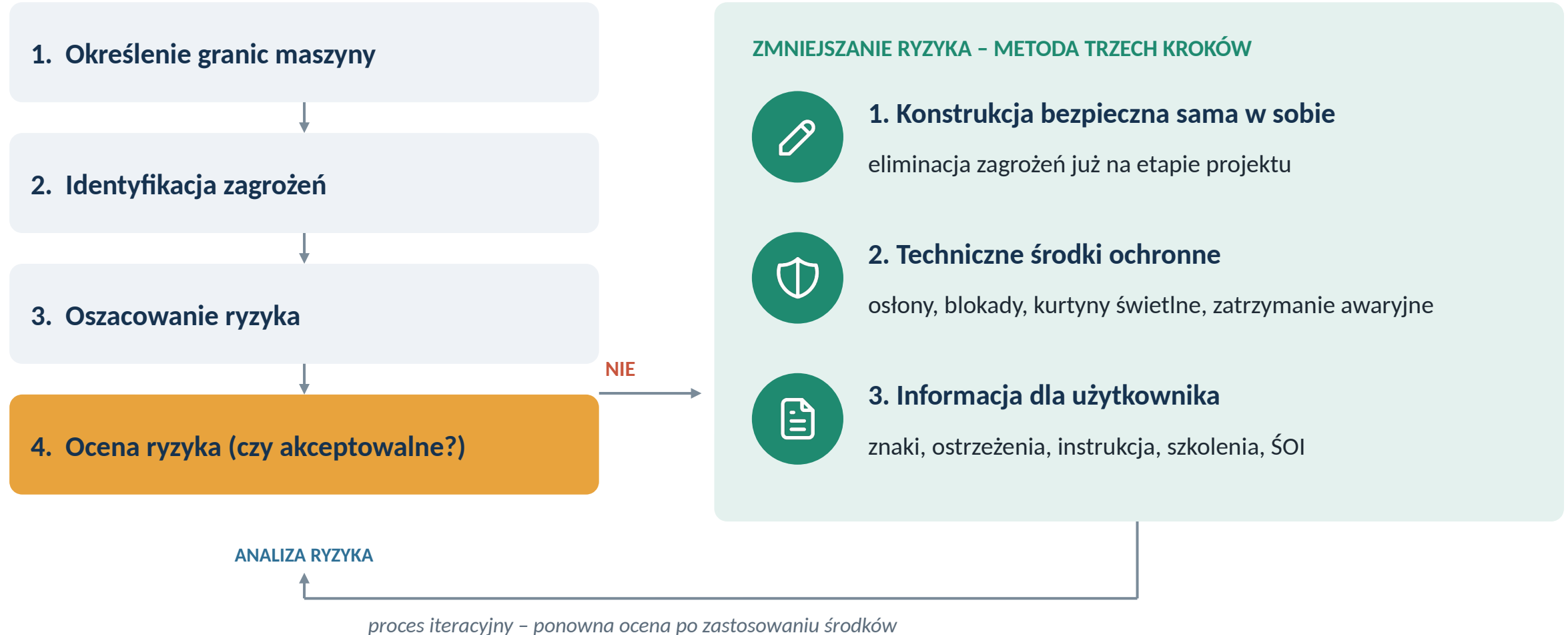
Maszyna winna być wyposażona w układ do zatrzymania awaryjnego,



DZIAŁANIE DOSTOSOWAWCZE

Maszyna musi mieć element sterowniczy przeznaczony do zatrzymania awaryjnego, który ma kształt „grzybka” koloru czerwonego na tle żółtym

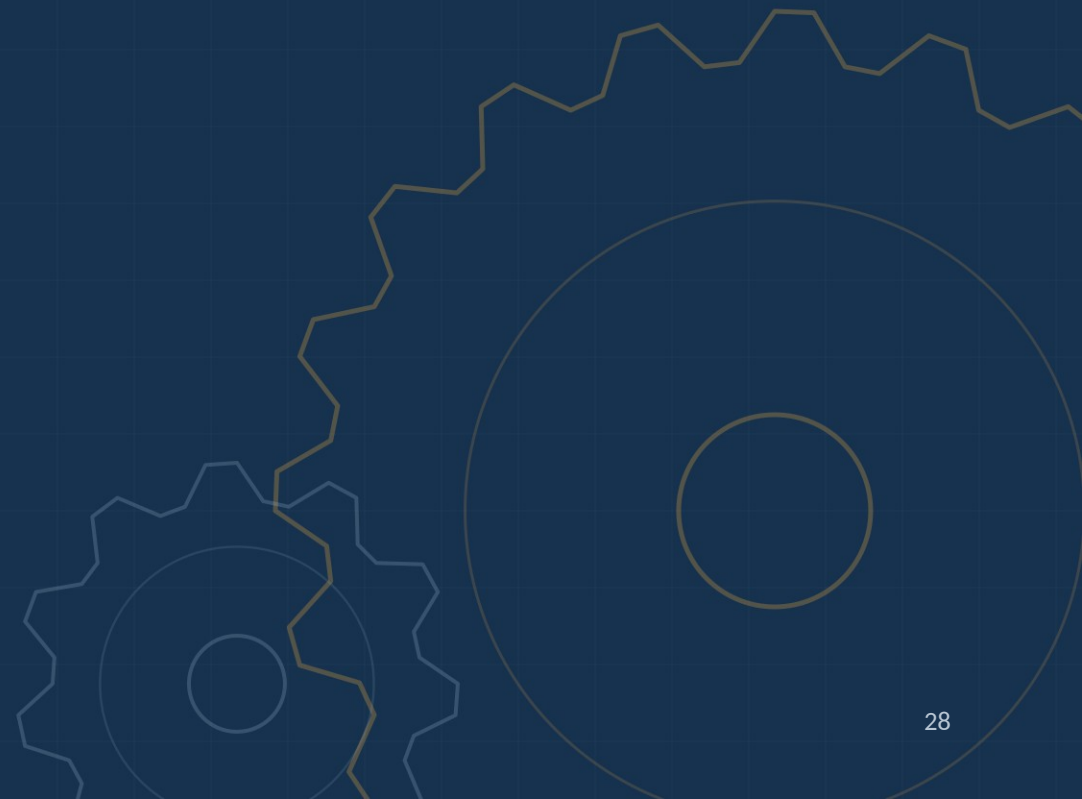
Ocena ryzyka wg PN-EN ISO 12100



04

Cechy środków technicznych

Cechy krytyczne, ważne i inne – bezpieczeństwo i ryzyko



Trzy grupy cech wyrobu

Cecha to odrębna charakterystyka jakiegoś wytworu materialnego (konkrety) lub utworu (abstraktu). Mówiąc o cechach maszyny mamy zatem na myśli jakieś jej własności konstrukcyjne lub właściwości eksploatacyjne, które dają się określić (najlepiej zmierzyć) i kształtować podczas jej wytwarzania.

Zarządzenie Prezesa Centralnego Urzędu Jakości i Miar z dnia 10.09.1968 w sprawie ogólnych wytycznych dotyczących kryteriów oceny jakości wyrobów (MP Nr 40/1968 poz.283) nakazuje wyróżniać trzy grupy cech:



Cechy krytyczne

tj. cechy, które decydują o stopniu zagrożenia dla życia lub zdrowia ludzkiego albo o utracie wartości użytkowej wyrobu,



Cechy ważne

tj. cechy posiadające istotne znaczenie z punktu widzenia przydatności wyrobu, lecz mogą przybierać różne wartości liczbowe stosownie do przeznaczenia,



Inne cechy (mało ważne)

które związane są na ogół z jakością wyrobu.

Cechy ważne maszyn (1)

Dobór cech i ich klasyfikacja uzależnione są od specyfiki wyrobu i jego przeznaczenia. Opisy cech wyrobu podaje się w zbiorze wymagań, które winien on spełniać.

W zarządzeniu powyższym podaje się, iż dla maszyn – jako środków technicznych – cechami ważnymi mogą być:



Wytrzymałość

np. wytrzymałość mechaniczna, odporność izolacji na przebicie prądem, poprawność działania układów zabezpieczających i wyłączników awaryjnych, zabezpieczenie antytoksyczne, itp.,



Funkcjonalność

określana np. przez wydajność i sprawność,



Niezawodność

mierzona np.:
prawdopodobieństwem spełnienia wymaganych zadań w określonych warunkach, w określonym czasie lub przy określonej liczbie cykli, średnią intensywnością uszkodzeń lub maksymalną ilością uszkodzeń,

Cechy ważne maszyn (2)



Żywotność

mierzona np.: trwałością, rozumianą jako okres, przed którego upływem funkcjonalność nie spada poniżej właściwego poziomu (dla wyrobów nienaprawialnych), całkowitą żywotnością, rozumianą jako suma trwałości z uwzględnieniem kolejnych napraw lub regeneracji (dla wyrobów naprawialnych), średnimi czasami między uszkodzeniami,



Naprawialność

mierzona np. technologicznym czasem trwania napraw lub czasochłonnością oraz materiałochłonnością napraw i konserwacji.

Klasyfikacja cech jakości eksploatacyjnej maszyny



Bezpieczeństwo wpisuje się w niezawodność

O ile cechy ważne mogą przybierać różne wartości (osłabiając co najwyżej tym samym sprawność maszyny), to cechy krytyczne muszą być bezwzględnie spełniane, ponieważ decydują o bezpieczeństwie. Naczelnym zadaniem projektanta maszyny jest więc zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikowi maszyny.

W naukach technicznych spotykamy się z odniesieniem bezpieczeństwa tylko do człowieka – jako zagrożenie życia lub zdrowia – natomiast wszelkie sprawy „bezpieczeństwa” maszyny odnoszone są do niezawodności. Jest tak dlatego, że jeżeli maszyna jest niezawodna, to nie występują w niej nagłe uszkodzenia, a tym samym jest ona bezpieczna dla człowieka i całego środowiska przyrodniczego. Dlatego bezpieczeństwo pracy maszyny wpisuje się w niezawodność.



KLUCZOWA MYŚL

Cechy krytyczne muszą być spełnione **bezwzględnie** – naczelnym zadaniem projektanta jest **bezpieczeństwo użytkownika**.

Ryzyko i jego kategorie

Ustalenie normatywnego poziomu bezpieczeństwa to zagadnienie ekonomiczne i społeczne. Oceny bezpieczeństwa dokonuje się analizując prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka. Każde działanie techniczne wynika dziś z uwarunkowań ekonomicznych, stąd istotnego znaczenia nabiera pytanie: jakie jest dopuszczalne ryzyko i czy nie przekracza ono wartości akceptowanych?

Ryzyko jest definiowane jako iloczyn uszkodzenia i prawdopodobieństwa, z którym się ono pojawia, czyli jako wartość oczekiwana negatywnych wyników jakiegoś działania lub sytuacji.

Wyróżnia się trzy kategorie ryzyka:



**Ryzyko
psychologiczne**



Ryzyko techniczne



Ryzyko ekonomiczne

Akceptowalny poziom ryzyka technicznego

Ocena ilościowa interesującego nas najbardziej ryzyka technicznego odnoszona jest do wieku maszyny oraz wykonywanego zadania i jest oceną złożoną. W skrajnych przypadkach rozpatrywana jest ze względu na jedną określoną stratę lub ze względu na wszystkie (prognozowane jako skutki długości pracy maszyny). Poziom ryzyka może być społecznie akceptowany lub przeciwnie.

Ogólnie do projektowania przyjmuje się, że ryzyko techniczne utraty życia zawiera się w granicach od 10^{-4} do 10^{-6} , czyli **jeden wypadek na 10 tys. do 1 miliona przypadków**. W przypadkach bardzo wysokiego ryzyka osiąga poziom 10^{-3} , który nie jest już społecznie akceptowany. Ryzyko w wysokości 10^{-4} jest akceptowane, ale wywierane są silne presje na obniżenie tego poziomu. Presje te stopniowo maleją przy obniżaniu tego poziomu, aby przy 10^{-6} uzyskać akceptację. Należy jednak mieć na uwadze, że w miarę upływu czasu pracy maszyny zwiększa się poziom ryzyka ze względu na jej zużycie techniczne.

RYZIKO UTRATY ŻYCIA (na przypadek)

10^{-3}	nieakceptowane społecznie
10^{-4}	akceptowane – silna presja na obniżenie
10^{-5}	presja maleje
10^{-6}	akceptowane

z upływem czasu pracy ryzyko rośnie (zużycie)

Macierz ryzyka – ryzyko = skutek × prawdopodobieństwo

SKUTEK ↑

katastrofalny	4	8	12	16
poważny	3	6	9	12
umiarkowany	2	4	6	8
mały	1	2	3	4
	bardzo mało prawdopodobne	mało prawdopodobne	prawdopodobne	bardzo prawdopodobne

PRAWDOPODOBIENSTWO →

Ryzyko nieakceptowalne
wymagane natychmiastowe środki
zmniejszające ryzyko

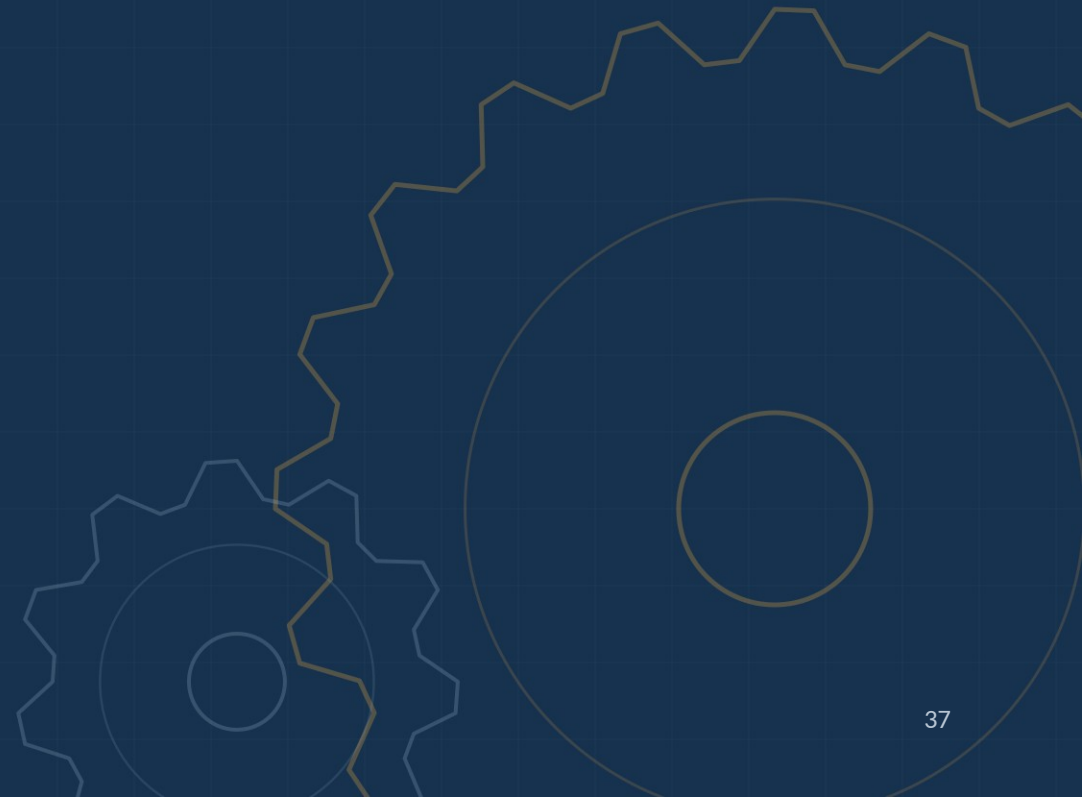
Ryzyko tolerowane
działania redukcyjne, jeśli są uzasadnione
ekonomicznie

Ryzyko akceptowalne
monitorowanie, brak dodatkowych
działań

05

Zużywanie środka technicznego

Rodzaje zużycia, krzywa Lorenza i fazy zużycia



Zużywanie – definicja i klasyfikacja

Definicyjnie, **zużywaniem** określa się proces zmian w warstwie wierzchniej części, węzła kinematycznego, zespołu czy całej maszyny, w których wyniku następuje utrata ich właściwości użytkowych. Efektem procesu zużywania jest zwykle ilościowa zmiana, którą można mierzyć objętościowo, liniowo lub wagowo. Zużywanie pogarsza stan techniczny maszyn, a w krańcowym przypadku uniemożliwia jej prawidłową eksploatację.

Ogólnie procesy zużywania można sklasyfikować ze względu na:



Przyczyny

tribologiczne i
nietribologiczne,



Przebieg

ustabilizowane i
nieustabilizowane,



Skutki

normalne i awaryjne
(patologiczne).

Zużywanie fizyczne

Rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje zużycia:

zużywanie fizyczne, które powstaje pod wpływem tarcia powierzchni zespołów przemieszczających się po sobie lub w wyniku korozji oraz innych przyczyn o charakterze fizycznym lub chemicznym. Ze względu na rodzaj oddziałującego czynnika zużywanie fizyczne części maszyn dzieli się na zużywanie mechaniczne, korozyjne i korozyjnomechaniczne. Objawia się ono nagłymi uszkodzeniami, pęknięciami lub złamaniami. Proces ten jest powolny (stopniowy), powoduje jednak zwiększenie się luzów w węzłach konstrukcyjnych (np. w łożyskach), nieszczelności w cylindrach, i związany z tym wzrost hałasu i drgań, zmniejszenie się dokładności maszyny i pogorszenie jej charakterystyki. Występuje również w trakcie postoju maszyny.



KLUCZOWA MYŚL

Zużywanie fizyczne:
mechaniczne, korozyjne i korozyjno-mechaniczne.
Występuje także **podczas postoju** maszyny.

Zużywanie fizyczne a zużywanie ekonomiczne



Zużywanie fizyczne

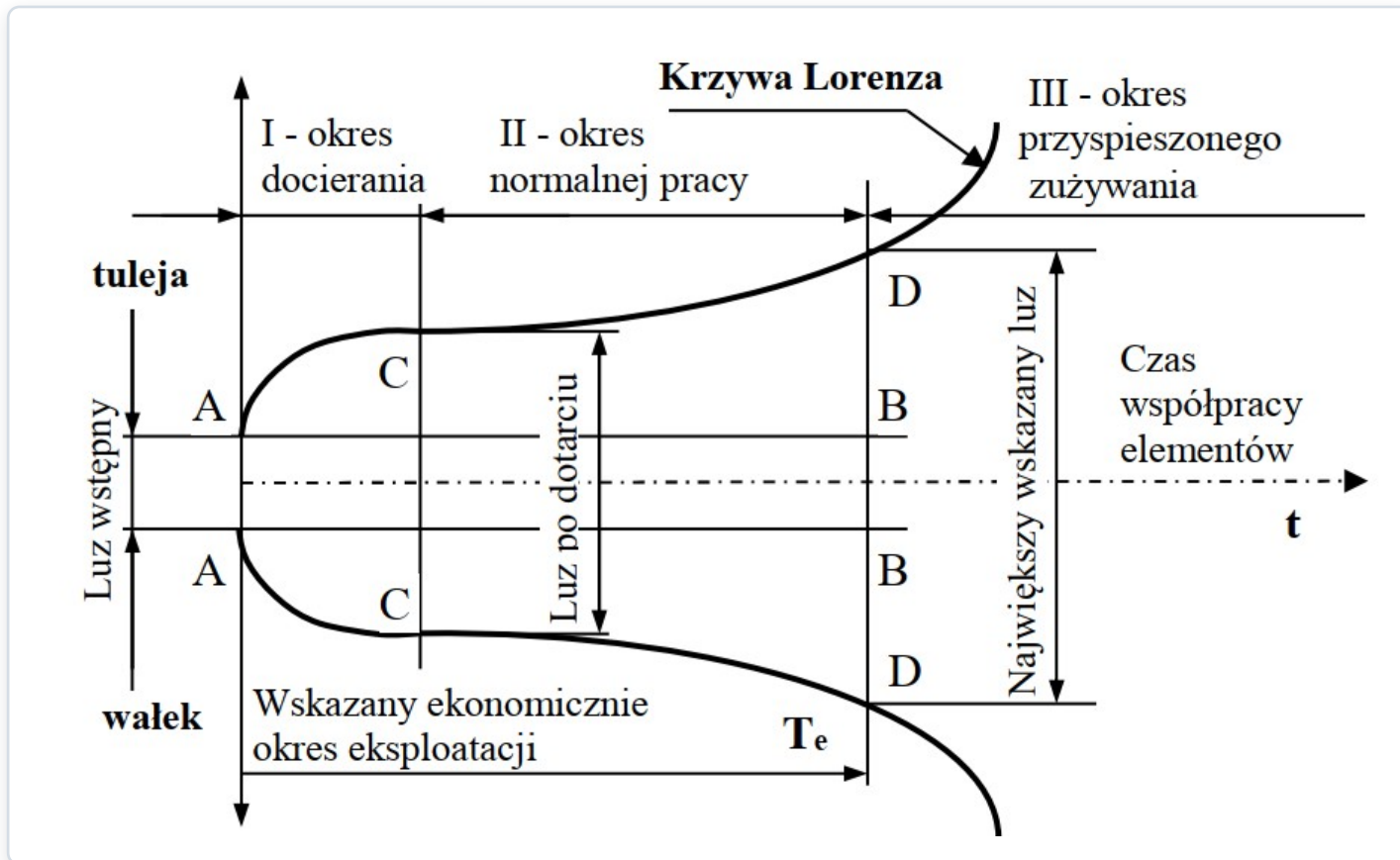
tarcie, korozja i inne przyczyny fizyczne lub chemiczne → luzy, nieszczelności, hałas i drgania, spadek dokładności.



Zużywanie ekonomiczne (tzw. moralne)

oznacza zmniejszenie się użytkowej wartości maszyny w stosunku do nowych, bardziej wydajnych maszyn. Zużywanie ekonomiczne powstaje więc w wyniku postępu technicznego, powodującego wprowadzanie do użytku nowych, doskonalszych i wydajniejszych maszyn

Krzywa Lorentza – zużywanie pary kinematycznej



Wykres zużywania mechanicznego współpracujących części maszyny

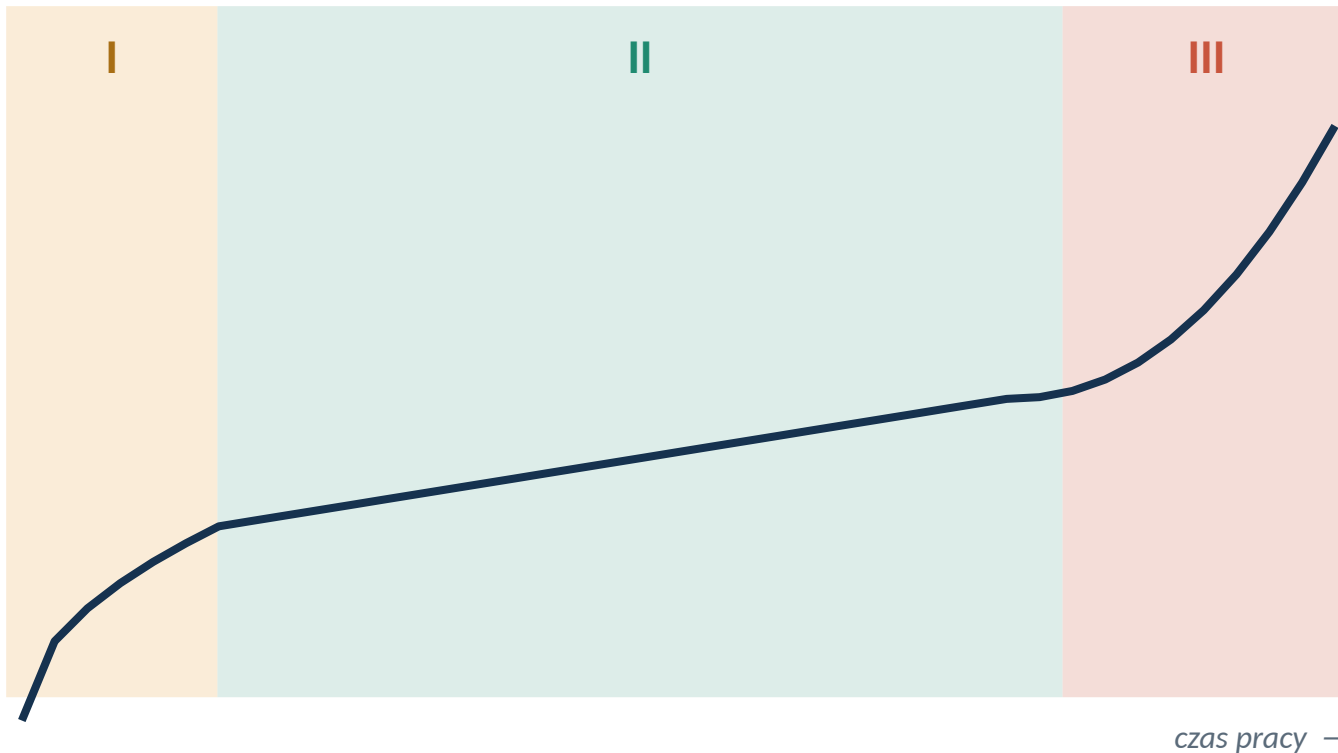
Charakter zużywania mechanicznego elementu pary kinematycznej, np. wałek-tuleja, pracującej w warunkach tarcia suchego, opisuje tzw. krzywa Lorentza.

Pokazuje ona nierównomierny charakter zmian powierzchniowych elementu w zależności od czasu.

Trzy fazy zużywania trących się powierzchni

W czasie eksploatacji maszyn i innych obiektów technicznych we wszystkich przypadkach trących się powierzchni wyodrębnia się trzy charakterystyczne fazy (okresy) zużywania:

zużycie ↑



Okres docierania (niestacjonarny),



Okres zużywania umiarkowanego
zwykle o stałej intensywności,



Okres zużywania przyspieszonego
(awaryjnego).

Faza I – docieranie

Faza I – docieranie jest wynikiem złożonych, współzależnych procesów fizykochemicznych, występujących w obszarach tarcia współpracujących elementów. Do najważniejszych zalicza się procesy mechanicznego oddziaływania warstw wierzchnich na siebie oraz fizykochemiczne oddziaływania środowiska, w którym realizuje się tarcie. Przez zmianę tego środowiska można więc zmienić intensywność docierania. W czasie docierania występuje dogładzanie i dopasowywanie się współpracujących powierzchni. Okres ten jest stosunkowo krótki, a zarazem bardzo ważny dla prawidłowego działania maszyny



KLUCZOWA MYŚL

Docieranie jest **krótkie**, ale **bardzo ważne** – zachodzi dogładzanie i dopasowywanie się współpracujących powierzchni.

Faza II – zużywanie normalne

Faza II – w tym okresie obserwuje się stałą intensywność uszkodzeń, co oznacza że zużywanie jest prawie niezależne od czasu trwania procesu. Jest to tzw. **zużywanie normalne**. Na podstawie długości tego okresu określana jest trwałość części. Przez cały okres normalnego zużywania obraz fizyczny zjawisk pozostaje prawie niezmieniony (quasi statyczny).



KLUCZOWA MYŚL

Na podstawie długości
**okresu zużywania
normalnego** określa się
trwałość części.

Faza III – zużywanie przyspieszone (awaryjne)

Faza III – okres zużywania przyspieszonego jest obrazem jakościowych zmian fizykochemicznych, wpływających zdecydowanie na wzrost zużywania. Zaczyna się w chwili, gdy następuje zakłócenie normalnego zużywania w wyniku przekroczenia dopuszczalnego luzu dla danej pary trącej. Prowadzi to w krótkim czasie do utraty właściwości użytkowych trących się elementów. Na skutek tego występują dodatkowe obciążenia dynamiczne, wywołujące intensywniejsze odkształcenia elementów, następują zaburzenia w smarowaniu skojarzeń. Pojawiają się większe ubytki materiałów, rośnie chropowatość powierzchni. Wzrost zmian zmęczeniowych w warstwie wierzchniej prowadzi po pewnym czasie do zapoczątkowania procesu wypadania pierwszych cząstek materiału (pitting lub łuszczenie), co jest początkiem zużywania lawinowego, awaryjnego. Stąd też nie powinno się dopuszczać do przejścia maszyny w ten okres pracy.



KLUCZOWA MYŚL

Pitting i łuszczenie to początek zużywania **lawinowego** – nie należy dopuszczać maszyny do tej fazy pracy.

Od czego zależą okresy i intensywność zużywania?

Długości poszczególnych okresów zużywania oraz intensywność zużywania zależą od:



Cech konstrukcyjnych

skojarzonych części, kształtu ich powierzchni, obciążenia, rodzaju smarowania, rodzaju zastosowanych materiałów,



Cech technologicznych

skojarzonych części; rodzaju ostatecznej obróbki, jakości obróbki cieplnej lub cieplno-chemicznej, chropowatości powierzchni, jakości montażu,



Cech eksploatacji

prawidłowego użytkowania, konserwacji i obsługi między naprawami.

Pytania kontrolne



1. Na czym polega transformacja realizowana przez środki techniczne? Podaj rodzaje maszyn wg transformacji.
2. Czym różni się narzędzie od maszyny? Czym jest własność, a czym właściwość środka technicznego?
3. Omów czynniki „3 W” opisujące maszynę. Do czego służą procesy resztkowe?
4. Jakie akty prawne regulują bezpieczeństwo maszyn w UE i co zmienia rozporządzenie 2023/1230?
5. Opisz trzystopniową metodę zmniejszania ryzyka wg PN-EN ISO 12100.
6. Narysuj krzywą zużycia i scharakteryzuj jej trzy fazy.

Dziękuję za uwagę

Następny wykład: W3. Systemowe ujęcie eksploatacji

dr inż. Radosław Gościński

