



Úvod do priemyselného inžinierstva

doc. Ing. Miroslav Rakyta, PhD.
Ing. Miroslav Fusko

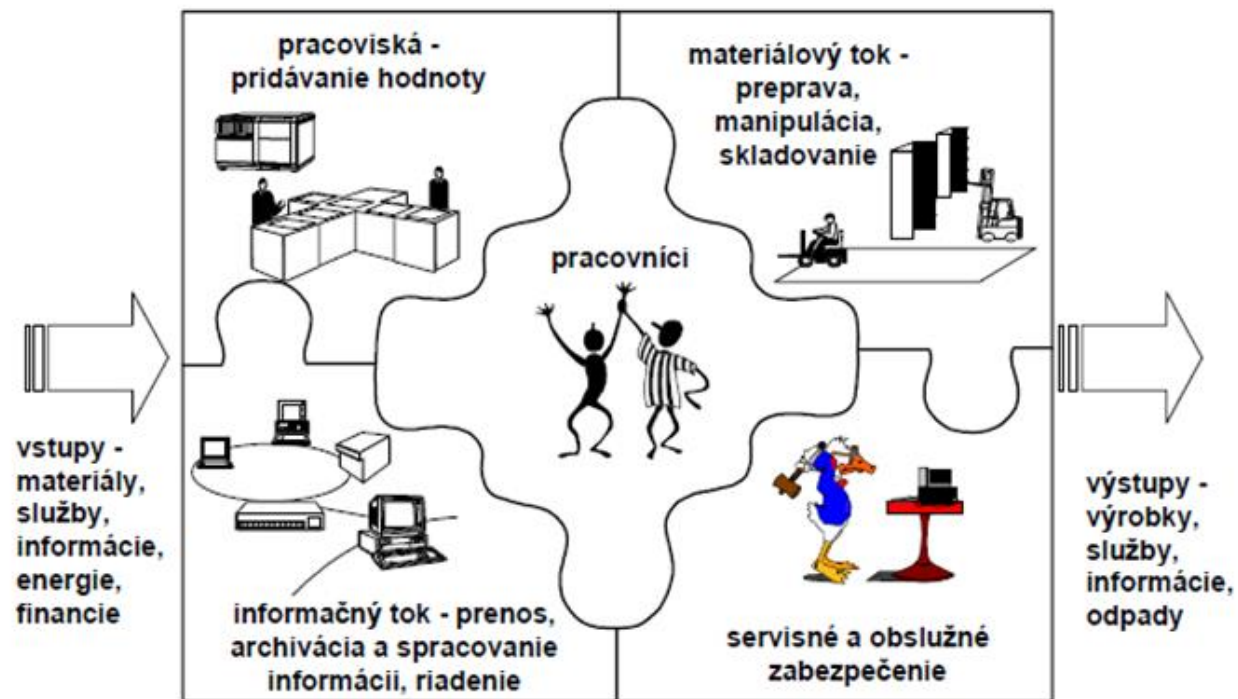
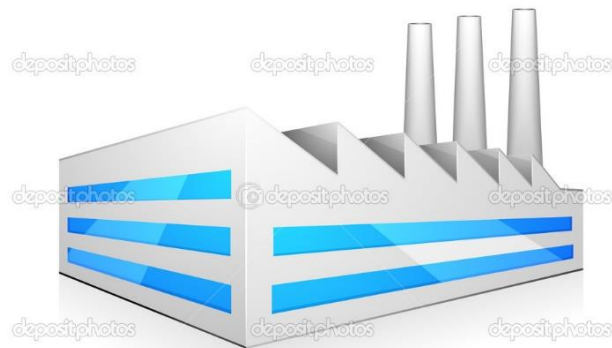
Katedra priemyselného inžinierstva, 2016



Pomocné procesy, údržba a starostlivosť o zariadenia

doc. Ing. Miroslav Rakyta, PhD.
Ing. Miroslav Fusko

Katedra priemyselného inžinierstva, 2016



Terminológia údržby /STN EN 13306/

Údržba – kombinácia všetkých technických, administratívnych a riadiacich činností počas životného cyklu objektu s cieľom udržať alebo obnoviť taký jeho stav, v ktorom môže vykonávať požadovanú funkciu.

Objekt – akákoľvek samostatne posudzovaná časť, súčasť, zariadenie, podsystem, funkčná jednotka, prístroj alebo systém, ktoré sa môžu chápať samostatne.

Ciele údržby – ciele určené a prijaté na údržbárske činnosti.

Riadenie údržby – všetky činnosti manažmentu, ktoré určujú ciele stratégie a zodpovednosti v rámci údržby a realizujú ich prostredníctvom plánovania, riadenia, kontroly a zlepšovania organizačných metód vrátane ekonomických hľadísk.

Stratégia údržby – metóda manažmentu na dosiahnutie cieľov údržby

Plán údržby – štruktúrovaná zostava úloh, ktorá zahŕňa činnosti, postupy, zdroje a časový rozvrh na vykonávanie údržby.

Efektívnosť údržby – pomer medzi plánovanými cieľmi údržby a skutočným výsledkom.



Zabezpečenosť údržby – schopnosť/spôsobilosť údržbárskej organizácie zabezpečiť na potrebnom mieste náležitú podporu údržby na vykonávanie požadovanej činnosti údržby v danom čase alebo v priebehu daného časového intervalu.

Údržba po poruche – údržba vykonávaná po rozpoznaní poruchového stavu a určená na uvedenie objektu do stavu, v ktorom objekt môže vykonávať požadovanú funkciu.

Preventívna údržba – údržba vykonávaná vo vopred stanovených intervaloch alebo v súlade s predpísanými kritériami a určená na zníženie pravdepodobnosti poruchy alebo obmedzenia funkčnosti.

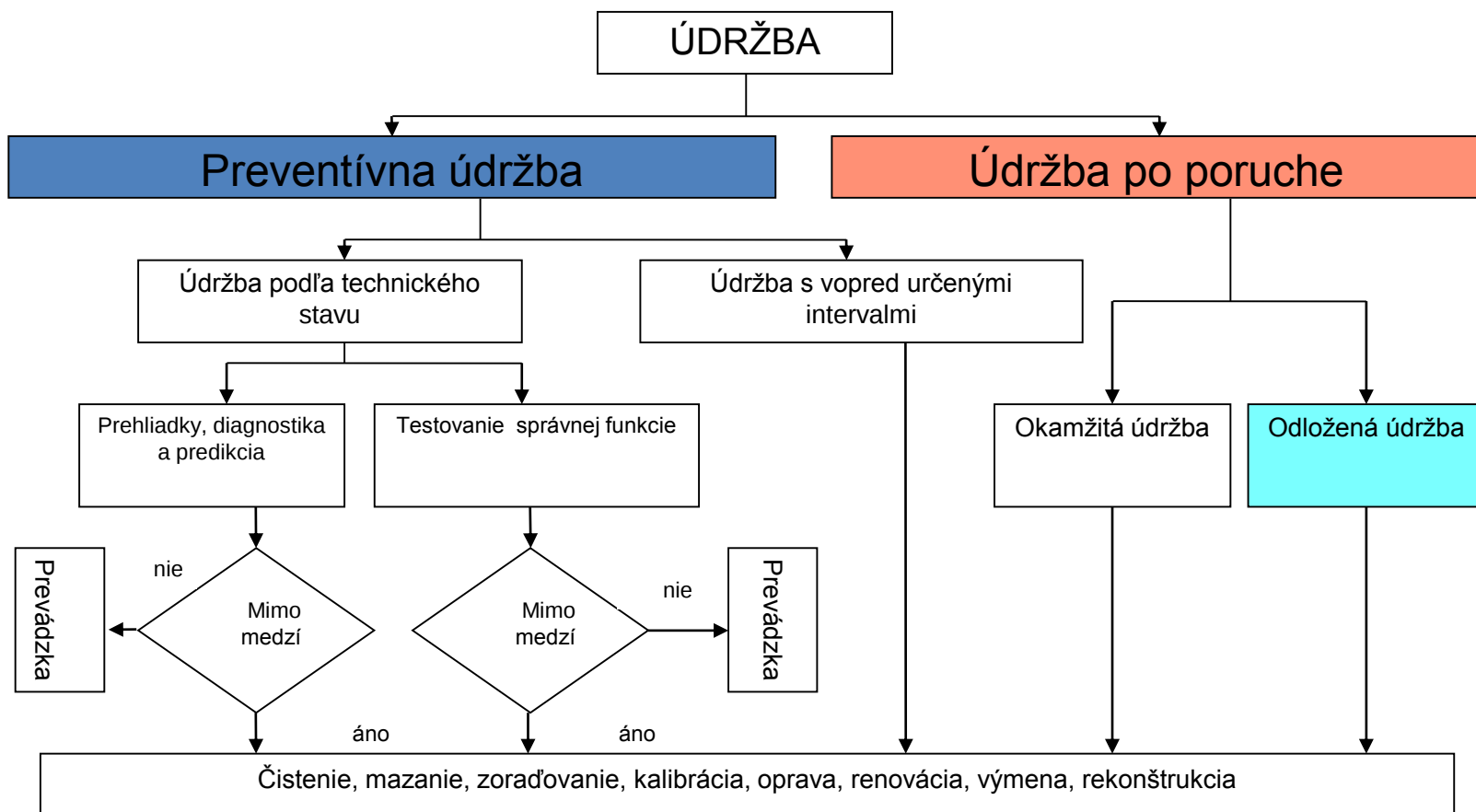
Plánovaná údržba – preventívna údržba vykonávaná v súlade so stanoveným časovým plánom alebo počtom jednotiek použitia.

Údržba na základe stavu – preventívna údržba založená na monitorovaní charakteristík alebo parametrov a nasledujúcich činnostiach údržby.

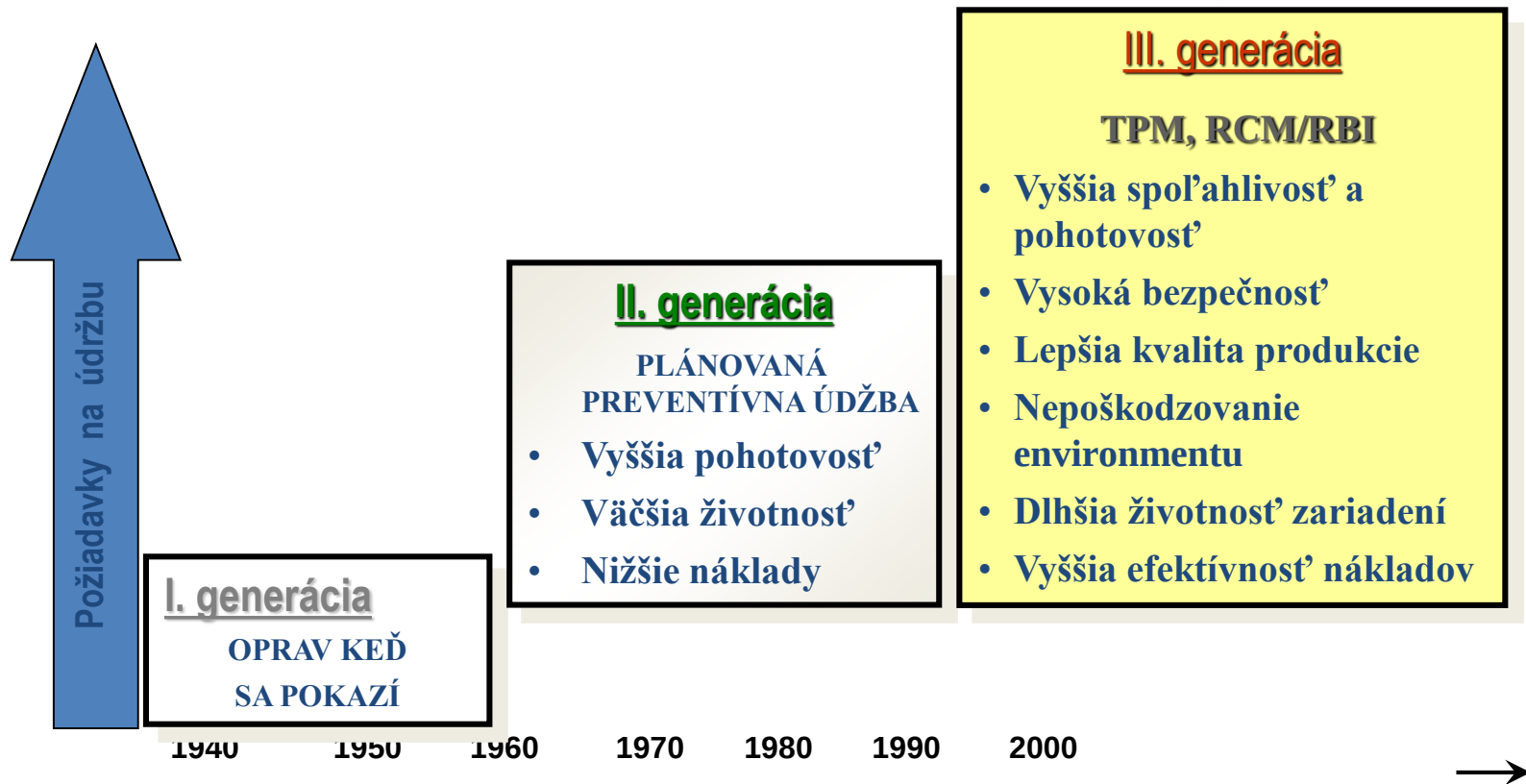
Údržba na základe stavu; prediktívna údržba – údržba na základe stavu objektu vykonávaná s ohľadom na degradáciu objektu predpokladanú na základe výsledkov analýzy a vyhodnotenia dôležitých parametrov objektu.

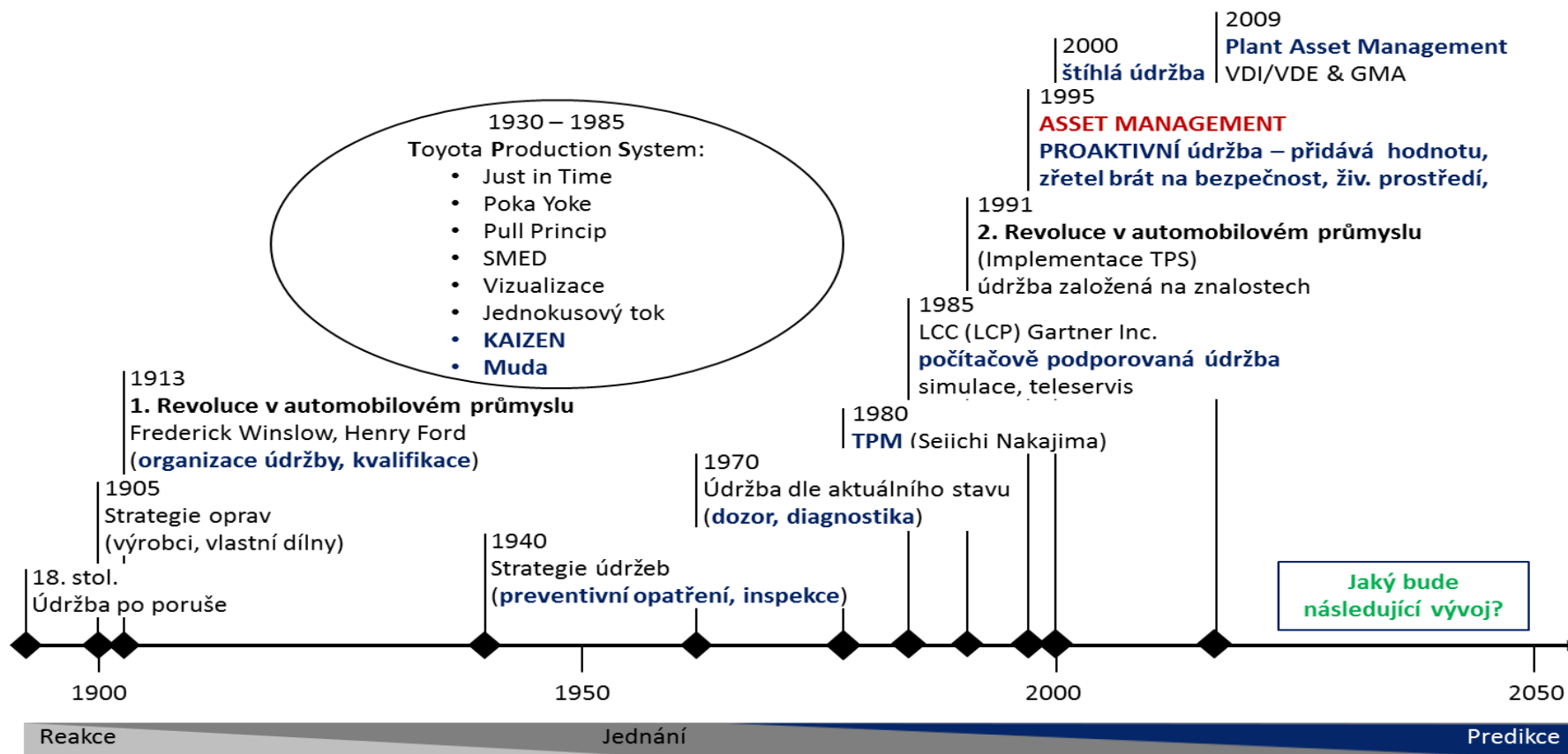
Údržba obsluhou – údržba, ktorú vykoná používateľ alebo obsluha.





Historický vývoj riadenia údržby





Zdroj : prof. Ing. Václav Legát, DrSc.

Historický vývoj

- **Údržba po poruche (50-te roky)**

(Breakdown Maintenance - BM)

- **Preventívna údržba**

(Preventive Maintenance – PM)

- **Korektívna údržba**

(Corrective Maintenance – CM)

- **Prevencia údržby**

(Maintenance Prevention – MP)

- **Inžinierstvo spoľahlivosti**

(Reliability Engineering)

Tieto boli v 50-tych a 60-tych rokoch prinesené z USA.

Pozmenením (zapojenie všetkých zamestnancov) vzniká v 70-tych rokoch :

- **Totálne produktívna údržba**

(Total Productive Maintenance – TPM)

Požiadavky na organizáciu a riadenie údržby



- Centralizovaná údržba
- Decentralizovaná údržba
- Kombinovaná údržba
- Externá údržba
- Outsourcing údržby



Požiadavky TPM

Metodológia výberu stratégie údržby

Krok 1

- Vypracovanie zoznamu strojov a zariadení, ktoré vyžadujú údržbu, klasifikácia do skupín „A“, „B“, „C“, „E“.
- Vypracovať funkčnú a štrukturálnu dekompozíciu (systém-podsystem-...-prvok).
- Identifikovať a klasifikovať kritické prvky stroja a zariadenia.

Krok 2

- Vypracovanie zoznamu funkcií a funkčných porúch.
- Analýza poruchových stavov a ich príčin.

Krok 3

- Analýza následkov porúch.
- Výber metódy údržba pre každý prvok.

Krok 4

- Analýza vzorov výskytu porúch (intenzít porúch).
- Vypracovanie možnosti preventívnych metód a mazania.
- Návrh systému a organizácie údržby.

Krok 5

- Členenie nákladov na údržbu.
- Analýza nákladov na údržbu.
- Výber optimálnej stratégie údržby.



Požiadavky kladené na údržbu

- udržiavať HIM v prevádzkyschopnom a spôsobilom stave
- predchádzať vzniku porúch a nasledujúcim poruchovým stavom
- operatívne odstraňovať vzniknuté poruchy
- znižovať environmentálne dopady prevádzky výrobných strojov a zariadení
- zaistiť bezpečnosť prevádzky
- vynakladať optimálne náklady na údržbu

Pohotovosť - schopnosť objektu byť v stave schopnom plniť požadovanú funkciu v daných podmienkach, v danom časovom okamžiku alebo v danom časovom intervale, za predpokladu, že sú zabezpečené požadované vonkajšie prostriedky.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky :

$$R(t) = \exp(-\lambda t)$$

Pravdepodobnosť poruchy :

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$$

kde: t - celková doba prevádzky v hodinách,
 $\exp$ - základ prirodzených logaritmov,
 λ - intenzita porúch za hodinu.



Kritéria pre rozhodovanie pri kategorizácii objektov : Metodické princípy kategorizácie

- dynamickosť - dôležitosť strojov a zariadení sa musí meniť podľa požiadaviek
a skutočného technického stavu,
- adresnosť - skupina dôležitosti sa prideliť konkrétne základnému
prostriedku (HIM – inventárnemu číslu),
- stupňovitosť - kategorizáciu je potrebné uplatniť nielen na úrovni strojov
a zariadení, ale taktiež na úrovni skupín zariadení.

Štruktúra
údržby

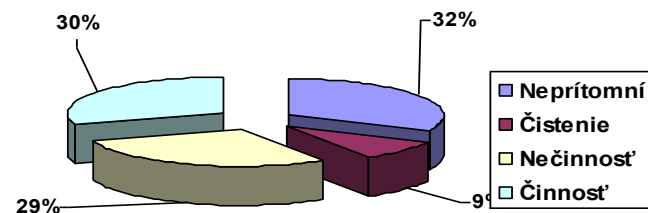
Skupina dôležitosti		Podiel na celkovej údržbe (%)		
Označenie	Názov	Celkom	Preventívna údržba	Údržba po poruche
A	Úzkoprofilové	100	80	20
B	Bežné	100	50	50
C	Pomocné	100	20	80

Meranie časových strát

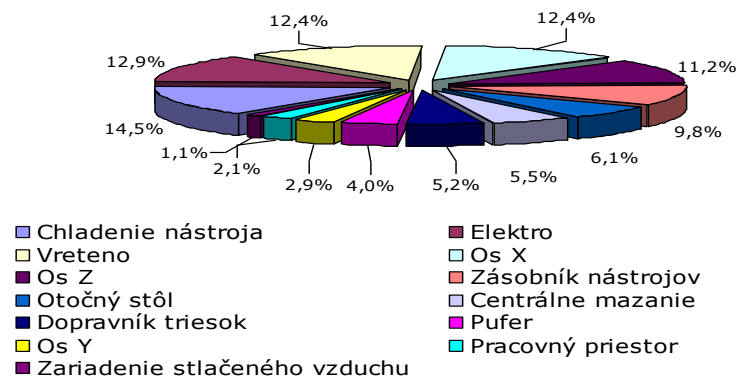
Kategorizácia a monitoring strát Špecialista (interný) versus Učeň a Externista

Kategória	Popis	Technici údržby %	Učeň %	Externista %
Výkon práce				
1	Práca - výkon	34,70	36,36	35,08
2	Cesta za pracovným výkonom	13,42	21,82	15,33
3	Natavenie po výkone	0,00	0,00	0,00
4	Pridelenie pracovného výkonu	1,61	2,42	1,80
5	Montáž po výkone údržby	7,87	7,88	7,87
	Celkom	57,60	68,48	60,08
Čakanie				
6	Čakanie na materiál	2,68	3,03	2,76
7	Čakanie na nástroje	4,47	6,06	4,83
8	Čakanie na inštrukcie	4,65	1,21	3,87
9	Zdržanie z dôvodu čistenia	0,72	0,61	0,69
10	Neodbornosť (zlý odhad)	0,18	0,61	0,28
11	Čakanie na inú prácu	0,00	0,00	0,00
12	Čakanie na obsluhu	1,07	1,82	1,24
13	Zdržanie z dôvodu prostredia (teplota, atď.)	0,00	0,00	0,00
	Celkom	13,77	13,34	13,67
Iné				
15	Stretnutia	0,36	0,00	0,28
16	Školenia	0,00	0,00	0,00
17	Nečinnosť	1,97	3,03	2,21
18	Oddych v dielni	1,25	1,21	1,24
19	Prestávka na obed	15,21	8,48	13,67
20	Osobné potreby pracovníkov	1,25	0,00	0,97
	Celkom	20,40	12,72	18,37
Neodôvodnené				
23	Iné (nevysvetliteľné)	8,59	5,45	7,87
	Celkom	8,59	5,45	7,87
	Celkový súčet	100,00	100,00	100,00

Využitie pracovníkov údržby pri plánovanej inšpekčnej prehliadke (momentkové pozorovanie)



Časová náročnosť prác na IP



KONCEPCIE ÚDRŽBY

1. Benchmarking postavenia spoločnosti a strategické tendencie
vývoja údržby : „Analýza“ procesov údržby – silné a slabé stránky ! – POZNÁME SITUÁCIU i bez analýz.
2. Voľba stratégie a koncepcie údržby v podmienkach postavenia spoločnosti – voľba organizácie údržby ?

TPM – Totálne produktívna údržba - prínosy
(Total Productive Maintenance)

Metódy : kategorizácia zariadení, FMECA, PM analýza, OEE,
5xprečo, hodnotenie P,Q,D,S,M,C, Cm, Cp, PPM

RCM – Údržba orientovaná na bezporuchovosť – prínosy
(Reliability Centred Maintenance)

Metódy : kategorizácia zariadení, FMEA/FMECA, FTA,
Pohotovosť, MTTR, MTBF, hodnotenie SMRP

RBI – Riadenie inšpekčných prehliadok na základe rizík – prínosy
(Risk Based Maintenance)

Metódy : kategorizácia zariadení, FMEA/FMECA, FTA, ETA,
kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie rizika, MTTR, MTBF, atď

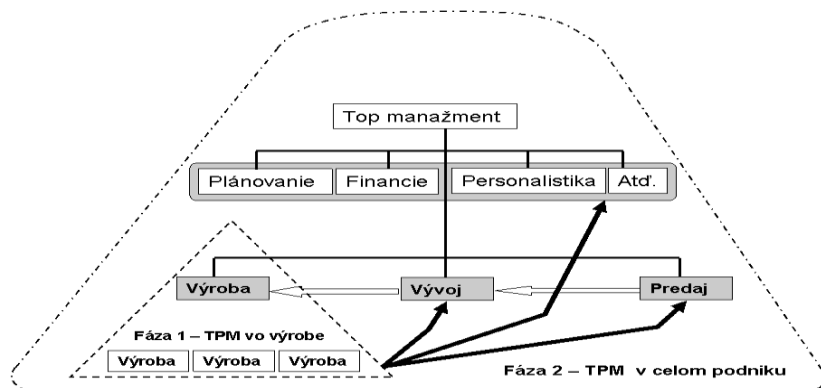


TOTÁLNE PRODUKTÍVNA ÚDRŽBA - TPM

Kde vzniklo TPM ?

- TPM vzniklo v rokoch 1950 až 1970 v Japonsku.
- TPM vzniklo pod tlakom zavádzania systému Just in Time - nemožnosť prerušenia výrobného reťazca.
- Za jeho autora sa pokladá SEICHI NAKAJIMA
- Rozšírenie TPM podporilo Japonské centrum produktivity a Japonský inštitút pre údržbu závodov.
- TPM je založené na neustálom zlepšovaní.

Funguje to v Japonsku, USA, Anglicku, Švédsku,...



Ciele TPM :

1. Vybudovať tímovú prácu a systém motivácie.
2. Rozdeliť zodpovednosť za starostlivosť stroje.
3. Navrhnúť procesné analýzy a štandardy.
4. Navrhnúť tréningový program.

Požiadavky kladené na údržbu – TPM

- maximalizácia celkovej efektívnosti zariadenia,
- predchádzanie všetkým druhom strát na pracovisku alebo zariadení,
- zapojenie všetkých pracovníkov – od top manažmentu až po robotníkov,
- vytváranie pracovných tímov z pracovníkov v dielni, TPV, údržby, konštrukcie, nákupu, atď. riešenie problémov formou workshopov.
- rozvoj činnosti v malých autonómnych procesných tímoch,
- neustále zlepšovanie starostlivosti o stroje a zariadenia,
- zlepšovanie komplexného produktívneho systému údržby.

TPM je súbor činností orientovaných na maximalizáciu efektívnosti strojov a zariadení.



Čo je TPM ?

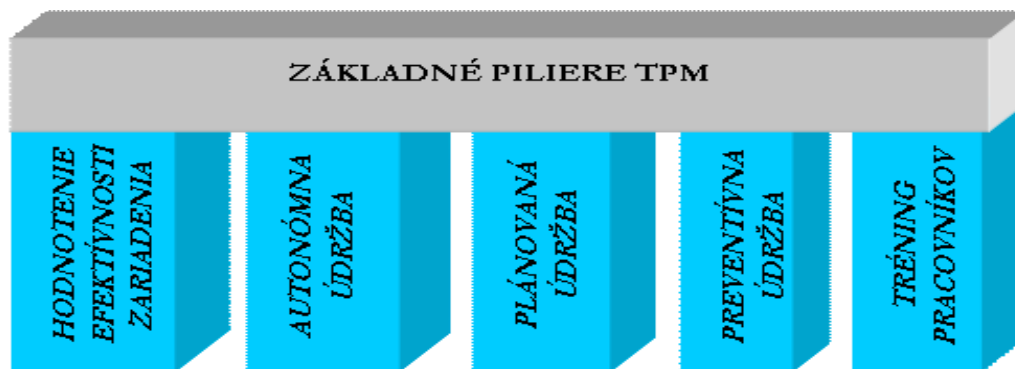
TPM bola japonským inštitútom pre podnikovú údržbu (JIPM) v roku 1971 definovaná nasledovne:

1. TPM sa zameriava na maximalizáciu celkovej efektívnosti zariadenia.
2. TPM využíva PM analýzu v celom životnom cykle zariadenia.
3. TPM je implementovaná v rozličných oddeleniach podniku (príprava výroby, výroba a údržba).
4. TPM zapája do svojich aktivít všetkých pracovníkov - od top manažmentu až po robotníkov v dielni.
5. TPM je založená hlavne na produktívnej údržbe vychádzajúcej z motivácie manažmentu a práce autonómnych tímov.

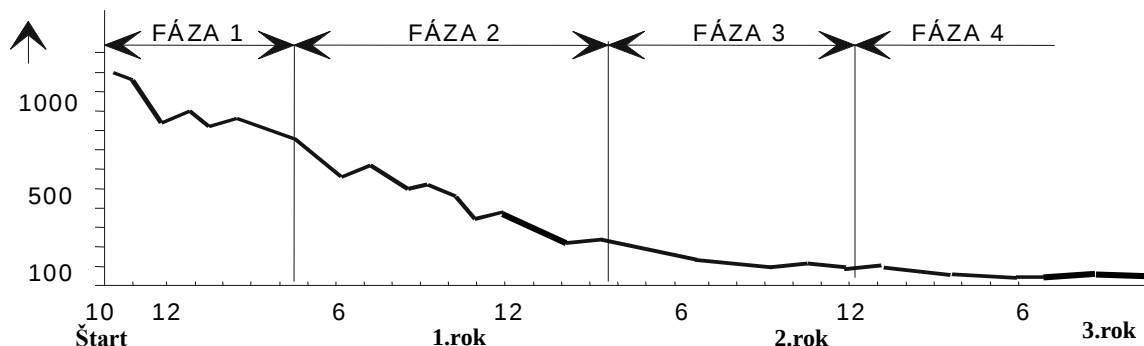


Päť základných pilierov TPM

1. Hodnotenie OEE
(CEZ - celkovej efektívnosti zariadení).
2. Autonómna údržba – údržba obsluhou.
3. Systém pre návrh preventívnej údržby a včasný manažment zariadení.
4. Plánovaná údržba.
5. Tréning pre zlepšenie zručností a bezpečnosti pracovníkov pri výkone starostlivosti o stroje.

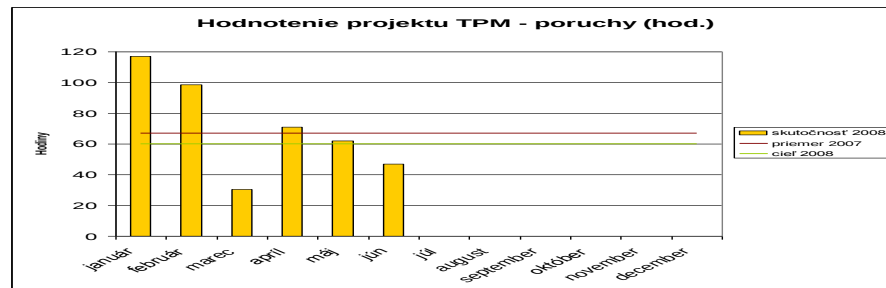
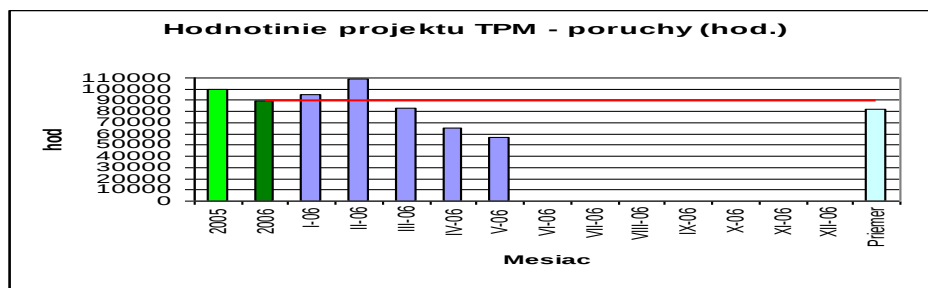


Štvorfázový program implementácie TPM



1. **fáza** : stabilizácia časového intervalu medzi výskytmi porúch u zariadení
2. **fáza** : predĺženie životnosti
3. **fáza** : periodická obnova zhoršeného stavu zariadenia
4. **fáza** : predikcia životnosti

Príklady z praxe na Slovensku pri realizácii programu :



Dvanásť krokov zavádzania TPM

Stav	Krok	Detaily
Príprava	1. Oznámenie rozhodnutia top manažmentu o zavedení TPM	TPM - prednášky a kurzy vo firme, články o výhodách TPM vo firemných novinách
	2. Štart vzdelávania a kampane pre zaradenie TPM	Manažéri: semináre, stretnutia podľa úrovni Všeobecne: prezentácia fólií a prezentácia projektu TPM
	3. Vytvor organizačne jednotky pre propagáciu TPM	Vytvor špeciálne komitety na každej úrovni pre propagáciu TPM, vytvor centrálny útvar a priradiť mu zamestnancov
	4. Vytvor víziu a politiku TPM a jeho ciele	Analyzuj existujúce podmienky, urči ciele, predikuj výsledky
	5. Formuluj hlavný plán pre zavedenie TPM	Príprav detailné implementačné plány pre týchto päť základných aktivít
Predbežná implementácia	6. TPM zahájenie	Pozvanie klientov, sesterské firmy a dodávateľov
TPM implementácia	7. Zlepši výkonnosť každého jedného zariadenia	Vyber modelové zariadenia, vytvor projektové tímy
	8. Navrhni program autonómnej údržby	Propaguj sedem krokov autonómnej údržby, vytvor zručnosti diagnózy a vytvor metódy pre certifikáciu pracovníkov
	9. Navrhni program plánovanej údržby pre oddelenie údržby	Zahrň periodickú a prediktívnu údržbu a manažment náhradných dielov, nástrojov, pracovných príkazov a plánov
	10. Zaháj a realizuj tréning pre zlepšenie zručnosti v operáciách údržby	Trénuj vedúcich spoločne, vedúci zdieľajú informácie s členmi skupín
	11. Vytvor časový program manažmentu zariadení	Preventívna údržba, komisionálna kontrola, LCC (life cycle cost) analýza
Stabilizácia	12. Zlepšuj TPM implementáciu a rozšír počet úrovni TPM	Hodnot' - ceny pre produktívnu údržbu - urči vyššie ciele

(zdroj : Nakajima)



Vnímanie informácií



83 % ZRAKOM

11 % SLUCHOM

3,5 % ČUCHOM

1,5 % HMATOM

1 % CHUŤOU

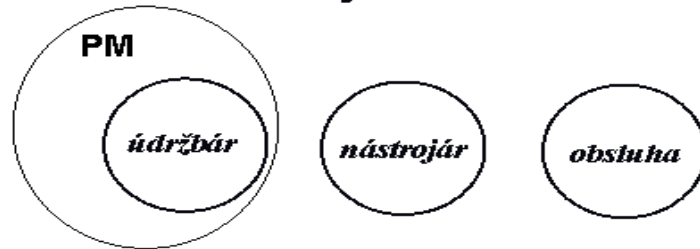
Filozofia TPM a PM

Základné rozdiely v chápaní údržby PM a TPM

Tradične chápaná údržba (PM)

Zamestnáva časť zamestnancov orientovaných na údržbu zariadenia

Nepoznajú vzájomné problémy
- nekomunikujú

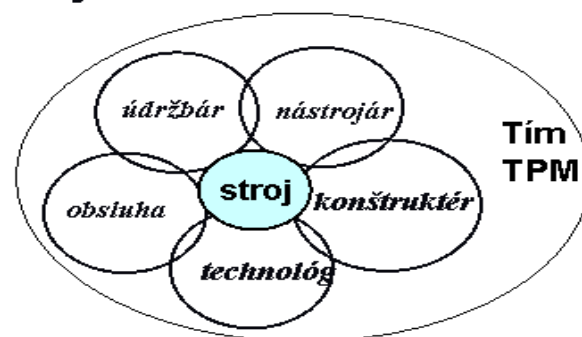


Cieľ : zabezpečiť bezporuchovú prevádzku a predchádzať poruchám (odstraňovať príčiny porúch)

Totálne produktívna údržba (TPM)

Zahrňuje všetkých pracovníkov podniku od top manažmentu až po pracovníkov výrobných prevádzok

Spoločne riešia problémy
- pomáhajú si



Cieľ : odstraňovať všetky straty vo výrobnom systéme, ktoré bránia efektívnej výrobe a zvyšovaniu produktivity

Analýza porúch a prestojov, hodnotenie CEZ

Celková efektívnosť zariadenia - CEZ (Overall Equipment Effectiveness - OEE)

CEZ je funkcia strát spôsobená prerušeniami práce.

$$\text{CEZ} = A * E * Q$$

A - disponibilita

E - výkonnosť

Q - úroveň kvality



Výpočet CEZ

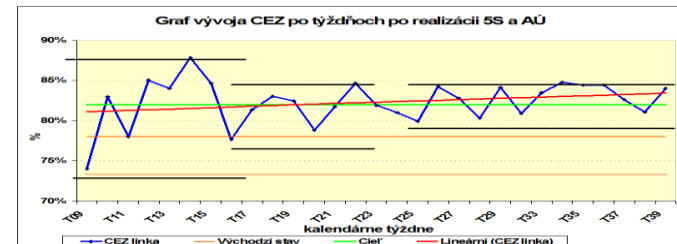
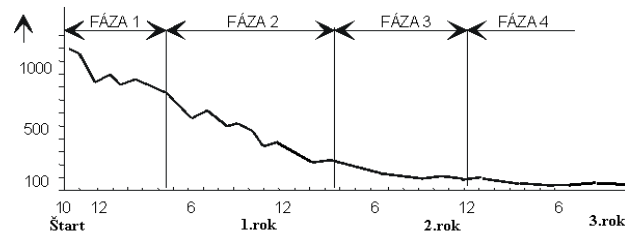
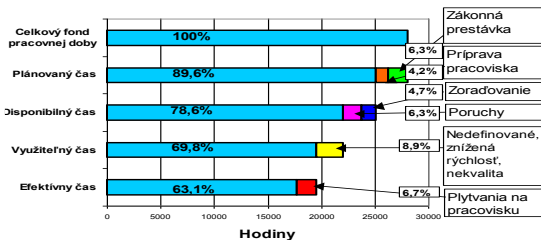
$$A = \frac{\text{plánovaný čas prevádzky} - \text{čas prerušení}}{\text{plánovaný čas prevádzky}}$$

$$E = \frac{\text{normovaný čas/ks} \times \text{počet vyrobených kusov}}{\text{skutočný operačný čas}}$$

skutočnú operačnú čas = (plánovaný čas prevádzky - čas prerušení)

$$Q = \frac{\text{celkový výrobný výkon} - \text{počet nepodarkov}}{\text{celkový výrobný výkon}}$$

Hodnotenie OEE - efektívnosti zariadenia



Šesť hlavných strát

Prestoje

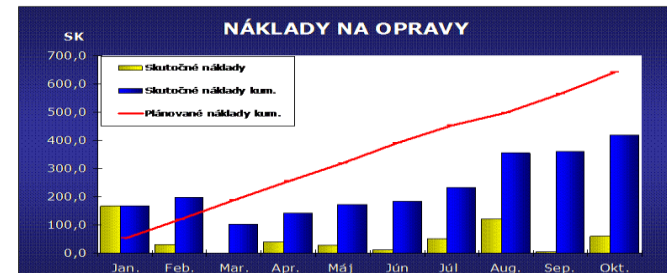
1. Poruchy vyplývajúce z chýb na zariadení
2. Zoradovanie a nastavovanie (výmena prípravku, nástroja a pod.)

Straty rýchlosti

3. Nečinnosť a malé prestávky (abnormálna činnosť senzorov, blokovanie v sklzoch a pod.)
4. Redukcia rýchlosti (nesúlad medzi navrhnutou a skutočnou rýchlosťou zariadení)

Chyby

5. Chyby v procesoch a oprava (nepodarky a nedostatky v kvalite, ktoré potrebujú opravu)
6. Redukcia času medzi štartom stroja a stabilnou prevádzkou



Preventívna údržba

2 formy



Vychádza z koncepcie a inštalácie stroja.

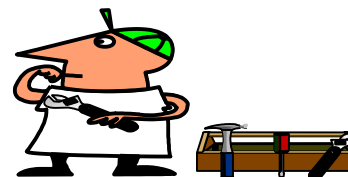
Zostavuje sa na základe pozorovania problémov, ktoré sa vyskytujú na stroji.

Dva spôsoby realizácie preventívnej údržby

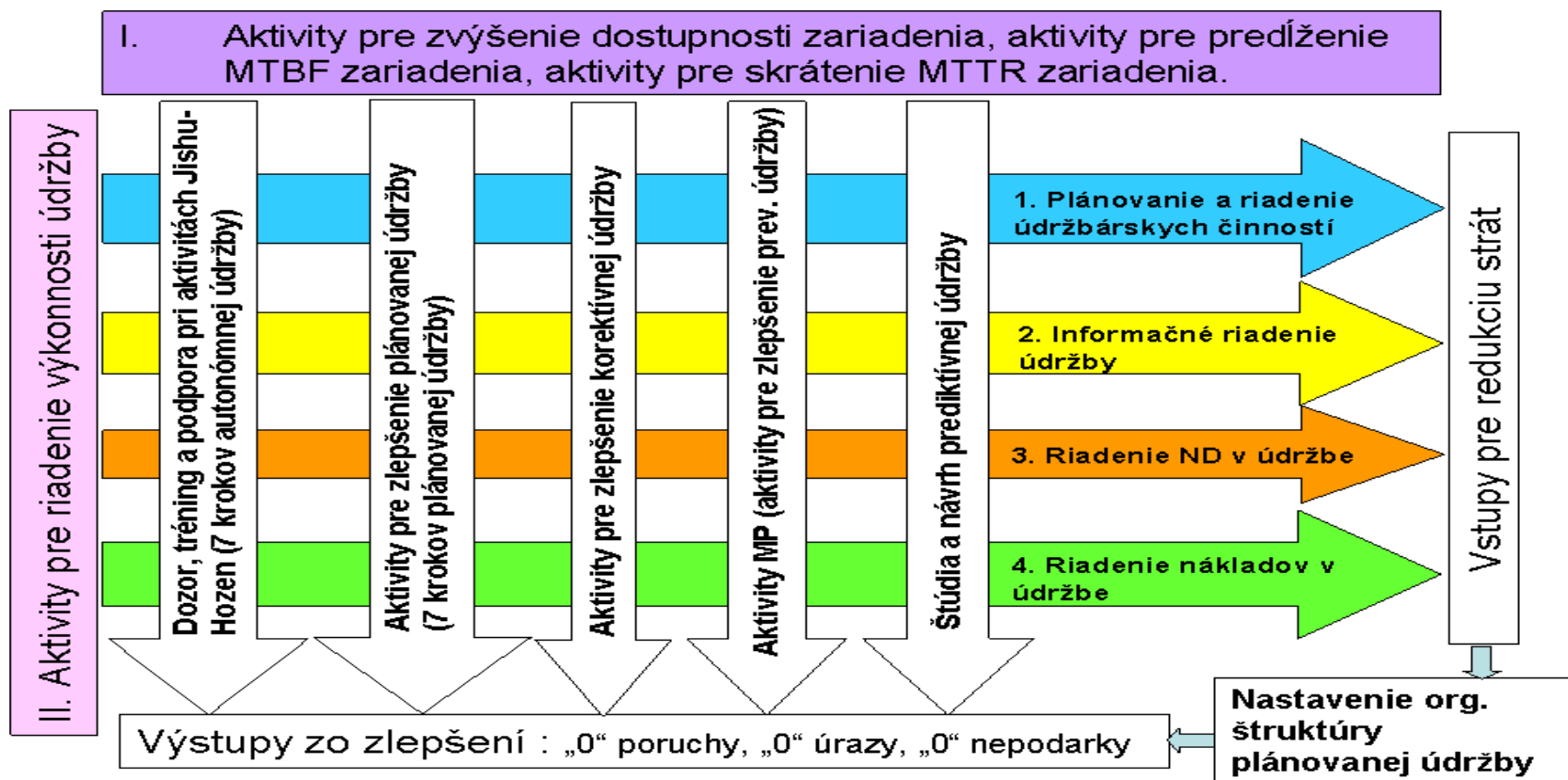
**AUTONOMNA ÚDRŽBA VYKONÁVANÁ
OBSLUHOU, ZORAĐOVAČOM**

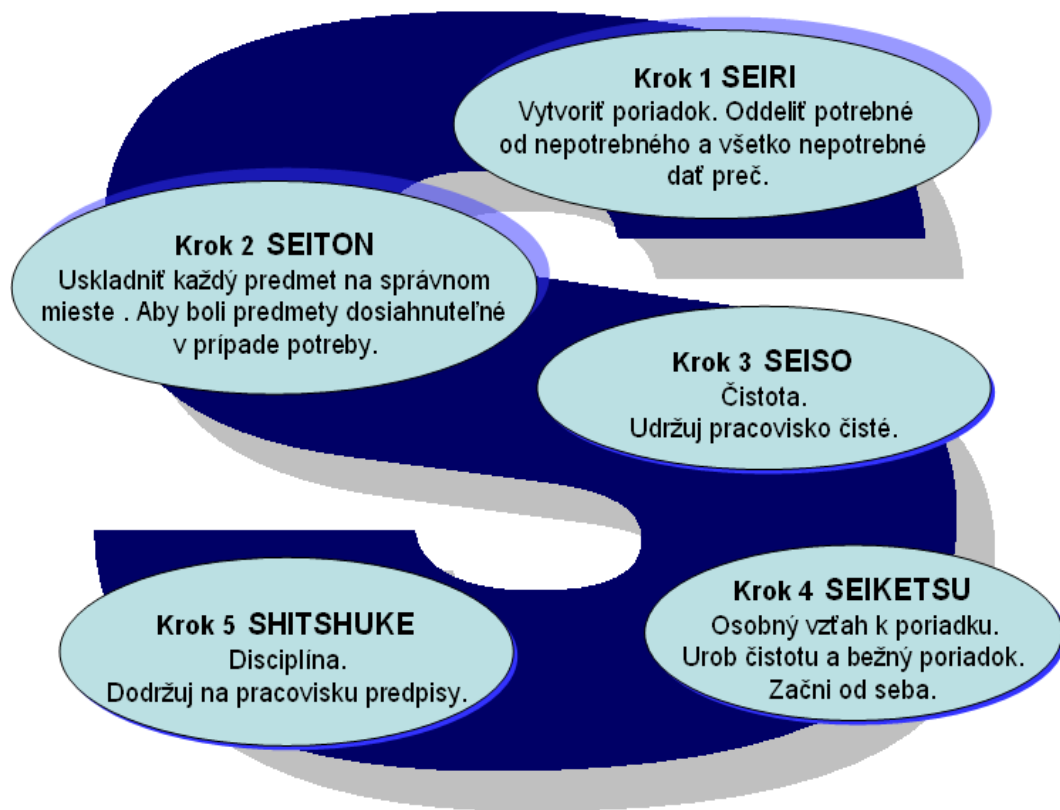


**PREVENTIVNÁ ÚDRŽBA VYKONÁVANÁ
ŠPECIALISTOM - ÚDRŽBÁROM**



KONCEPT PLÁNOVANEJ ÚDRŽBY PRI IMPLEMENTÁCII TPM





Prínosy metodiky 5S sú:

- zníženie prac. priestoru o %,
- zníženie zásob na pracovisku o %,
- zlepšenie kvality o %,
- skrátenie času na hľadanie o %,
- skrátenie času nábehu o %,
- skrátenie montáž. operácií o %,
- zlepšenie podnikovej kultúry a pod.

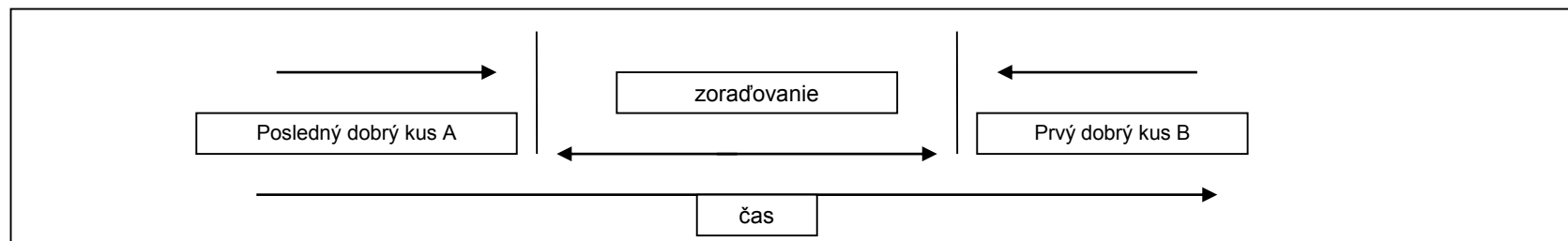
SMED – Single minute exchange of dies

SMED je kontinuálny proces spojený s odstránením zbytočných činností, ktoré sú spojené s chybami kvality, nadbytočnými zásobami a dlhým priebežným časom výroby.

Zorad'ovanie - definícia !

Čas, ktorý ubehol od vyrobenia poslednej dobrej súčiastky (typu A) do času, kedy sa vyrobila dobrá súčiastka (typu B)

Hlavným cieľom SMED –u je : zoradenie na jeden krát !

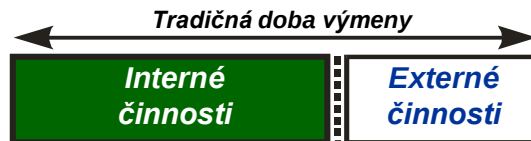


Typy zorad'ovania :

Interné zorad'ovanie – môže byť vykonané iba vtedy, keď stroj, výrobné zariadenie je v pracovnom klúde.

Externé zoradenie – je vykonané počas chodu výrobného zariadenia stroja.

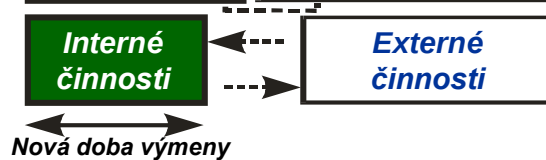
1. krok



2. krok

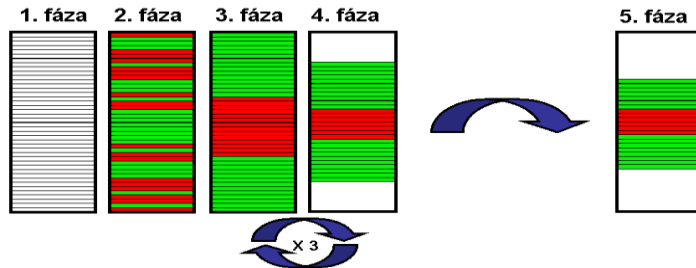


3. krok



4. Krok

Ďalšie zlepšovanie



1. krok :

Analýza interných a externých činností.

2. krok :

Oddelenie interných a externých činností.

3. krok :

Transformácia interných činností na externé.

4. krok :

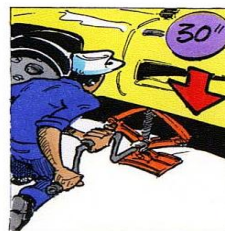
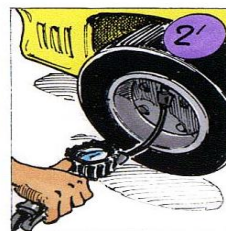
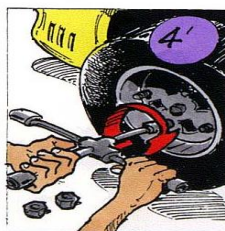
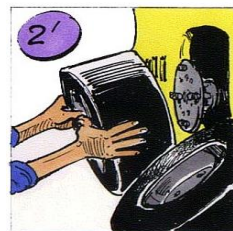
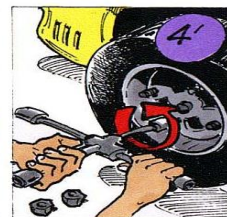
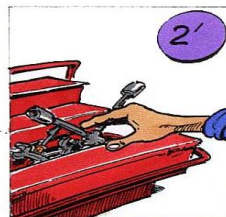
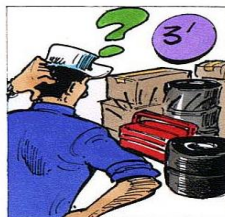
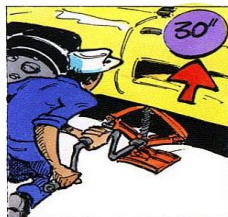
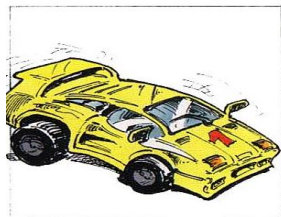
Zlepšovanie (eliminácia) interných a externých činností.

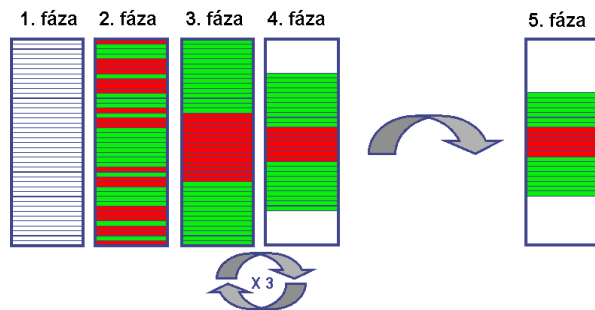
Cieľom je vyrábať malé dávky bez zníženia efektívnosti výrobného procesu a produktivity.

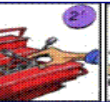
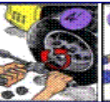
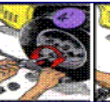


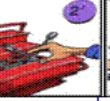
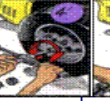
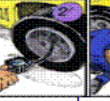
Vyrobený posledný dobrý kus „A“

Vyrobený prvý dobrý kus „B“

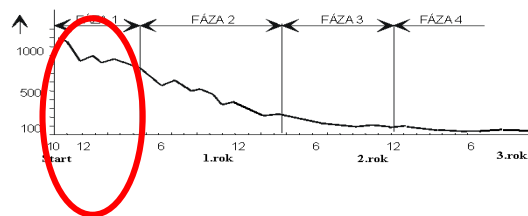




	1	2	3	4	5	6	7	8
								
Time								
Internal								
External								
Ideas to rationalize d Internal								
News Time								

	1	2	3	4	5	6	7	8	
									
Time	0,5	3	2	4	2	4	2	0,5	18Mn
Internal									11Mn
External									
Ideas to rationalize d Internal									
News Time	0,5	0	0	1	1	1	0	0,5	4Mn

Autonómna údržba – údržba obsluhou



1.krok : Základné čistenie s prekontrolovaním

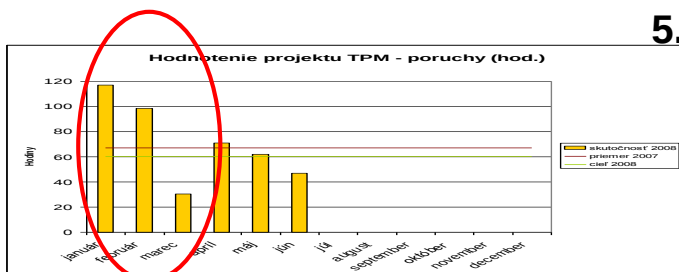
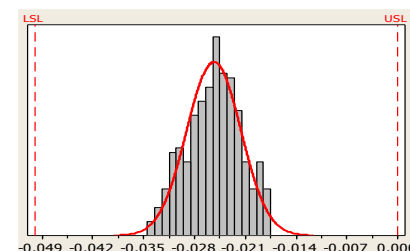
2.krok : Nápravné opatrenia proti znečisťovaniu a ťažko dostupným miestam

3.krok : Stanovenie dočasných štandardov čistenia, mazania a kontroly

4.krok : Začiatok autonómnej kontroly

5.krok : Začiatok autonómnej údržby

Kontrola strojov	Nastavenie prípravkov	Brúsenie vretien	Brúsenie hlavy	Hlava obrobnku
Kontrolovaná položka	odchýlka miery	Vibrácie	Cykľus brúsenia	Čelný priebeh
Merací prístroj	Matrica (etaón)	Prístroj merania vibrácií	Oscilograf	Odhýkometer
Tolerancie	$A \pm 1,02\text{mm}$	1,5 mm/sek alebo menej	8% alebo menej	0,005 mm alebo menej
Frekvencia	V priebehu nastavenia	1/2T	1/M	Pri výmene dielov
Zodpovedná osoba	Nastavovač	Operátor	Pracovník údržby	Operátor
Znaky kvality	Drsnosť povrchu	✓	✓	✓
	Kruhovitosť	✓	✓	✓
	Vnútorný priemer	✓	✓	✓
	Valcovitosť	✓	✓	✓

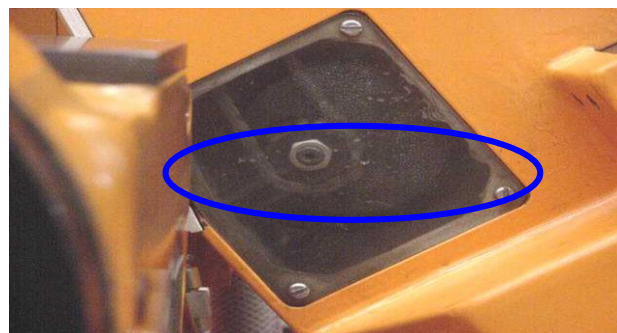


Podklady pre korektívnu údržbu, plánovanú a rozvrhovanú údržbu

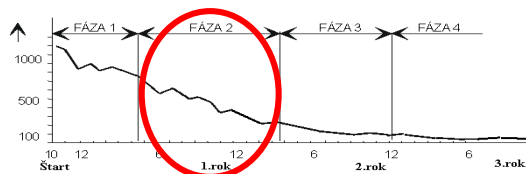
Presun čistiacich, mazacích a kontrolných činností z preventívnej údržby v rozsahu 20- 30 % obsluhu.

Sedem krokov autonómnej údržby

Coach – tréner - moderovanie workshopov, tréning zručnosti, popísanie možných príčin	7. Plne autonómna údržba	Poznať vzťah medzi presnosťou zariadenia a kvalitou výrobku.
	6. Organizácia a poriadok	
Pokročilý - jednoduché opravy	5. Autonómna kontrola	Poznať funkcie a štruktúru zariadenia.
	4. Kontrola stavu zariadenia	
Základný stupeň - menšie údržbárske úkony	3. Normy čistenia a mastenia	Rozpoznať problémy a zlepšovať zariadenie.
	2. Odstraňovanie zdrojov znečistenia	
Začiatočník - čistenie	1. Počiatočné čistenie	
Stupeň zručnosti ?	Názov kroku	Schopnosť operátora



Preventívna údržba (na úrovni stroja)



Obrázok	Dávková kontrolná činnosť			Klasifikácia činnosti	Čas na vykonanie činnosti	Miesto kontroly	Čas na vykonanie činnosti	Postup servis. údržby	Návrhové riešenie (parametre)	Čas úniku	Interval	Plánovaná údržba	Výkon stroja	Výkon výroby
	Vplyv na bezpečnosť	Vznik poruchy	Vplyv na kvalitu											

1.krok : Klasifikovať kontrolné body a analyzovať procesy údržby

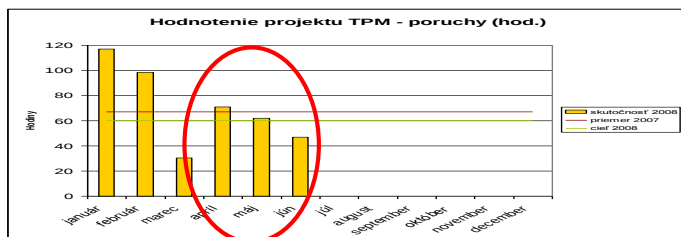
2.krok : Určiť priority kontrolných činností PÚ vo väzbe na výkon, bezpečnosť, kvalitu.

3.krok : Vypracovať dočasné štandardy PÚ.

4.krok : Klasifikovať a analyzovať poruchy, medze opotrebenia, dopracovať štandardy a jednobodové lekcie PÚ (plán – termín/interval, početnosť a trvanie).

5.krok : Pripraviť podklady pre plánovanie a rozvrhovanie údržby.

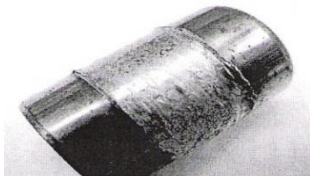
Redukcia preventívnych periodických činností - cca 30 %.



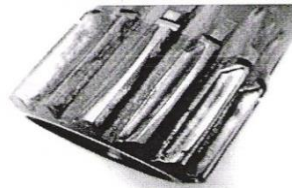
Zoznam defektných stavov



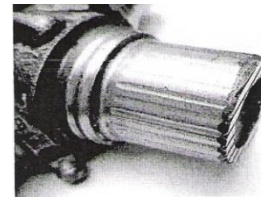
**Adhezívne
opotrebenie**



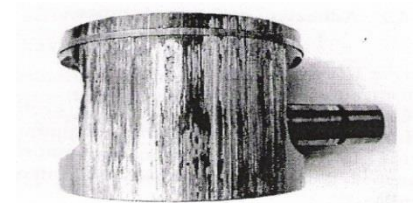
**Adhezívne
opotr. spojené
so zadieraním**



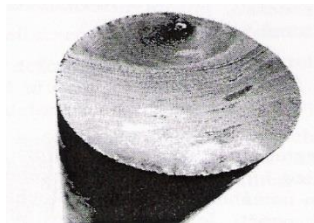
**Vibračné
opotrebenie
(tribokorózia)**



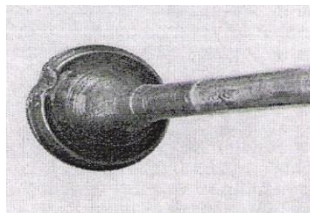
**Vibračné
opotrebenie**



**Intenzívne
abrazívne
opotrebenie**



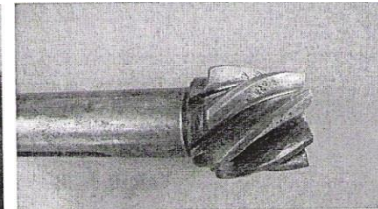
**Únavový lom pri
namáhaní
v ohybe**



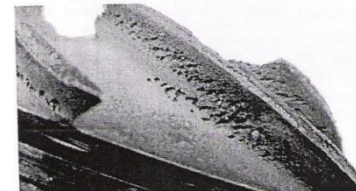
**Erozívne
opotrebenie
výfukovými plynmi**



**Povrchová únava
materiálu v
počiatočnom štádiu**



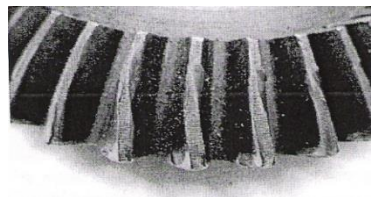
**Povrchová únava
materiálu v
rozvinutom štádiu**



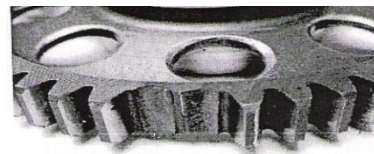
**Kavitačné
opotrebenie – rotor
čerpáďa**



Deformácia



Deformácia



Statický lom



**Abrazívne
opotrebenie**



**Únavový lom pri
namáhaní
v rotácii**

V podnikovej praxi existuje 5 hlavných dôvodov pre vznik problémov na strojoch :

- neschopnosť plniť základné požiadavky údržby strojov (dotáhovanie uvoľnených skrutiek, čistenie, mastenie a pod.).
- zlé dodržiavanie pracovných podmienok (teploty, rýchlosti, tlak, krútiaci moment a pod.).
- chýbajúca kvalifikácia (chyby kontroly, chyby obsluhy a pod.).
- opotrebenie (ložiská, ozubené kolesá, centrovacie prvky a pod.).
- konštrukčné chyby (materiál, dimenzovanie a pod.).

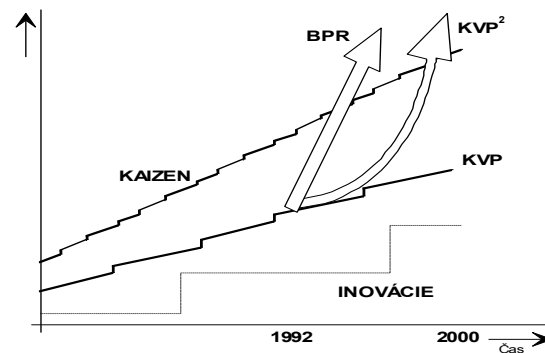
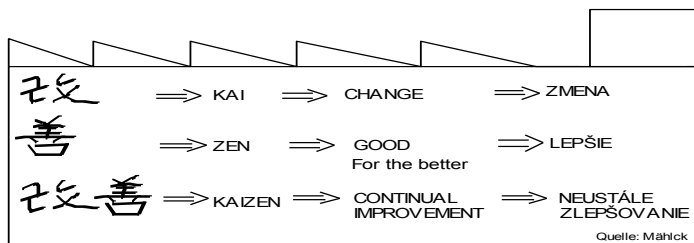
Problémy, ktoré spôsobujú poruchy možno rozdeliť do dvoch základných skupín :

- **náhle, náhodne sa vyskytujúce problémy** - obyčajne majú jedinou príčinu, ktorú je možné relatívne jednoducho analyzovať a odstrániť (potrebné aplikovať metódu 5 x prečo).
- **chronické problémy** - majú viaceré komplikované príčiny, ktoré je relatívne ťažké analyzovať a odstrániť (potrebné aplikovať metodiku workshopu, stratifikaácie a stromu porúch, PM analýzu).

Tieto problémy by sa mali v rámci programu TPM naučiť riešiť za aktívnej podpory systému vzdelávania a aplikáciou získaných vedomostí a zručností na svojich pracoviskách.



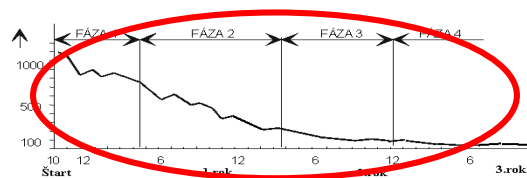
Kaizen



Problém: poškodenie ložiska

5 krát prečo ?

Prečo ?	Odpoveď	Opatrenie
Sa poškodzuje ložisko?	Nie je správne mazané.	Zaistenie pravidelného mazania.
Je nesprávne mazanie?	Špatný prístup k mazacej zátke. Poškodené tesnenie. Znečistené mazadlo.	Zlepšenie prístupu k zátke. Výmena tesnenia. Výmena mazadla.
Je zlý prístup k zátke?	Nevhodné konštrukčné riešenie.	Zmena konštrukčného návrhu.
Dochádza k poškodeniu tesnenia?	Prenikanie triesok do pracovnej časti hriadeľa.	Doplnenie krytu na zariadenie.
Sa mazadlo znečisťuje?	Odkryté pracovné časti zariadenia.	Uzatvoriť všetky otvory.



Tréning zručností pracovníkov výroby a údržby

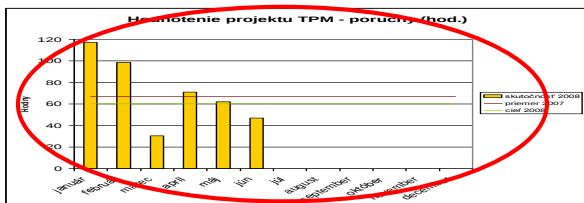
1.krok : Výcvik obsluhy vrátane typu tréningu, základných vstupných požiadaviek a funkcií zariadenia.

2.krok : Návrh vybavenia pracovníkov obsluhy, údržby – nástrojmi, pomôckami pre výkon starostlivosti.

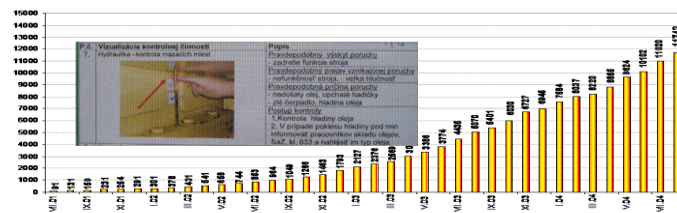
3.krok : Návrh tréningu postupu zberu a evidencie údajov pri výkone autonómnej a preventívnej údržby.

4.krok : Návrh auditu a hodnotenia efektívnosti tréningu pracovníkov výroby a údržby.

5.krok : Vypracovať postup zabezpečenia zariadenia, vyškoliť pracovníkov a verifikovať systém.



Redukcia počtu porúch a malých prerušení.



RCM – Údržba orientovaná na spoľahlivosť (Reliability Centred Maintenance).

Stratégia údržby orientovaná na spoľahlivosť bola vyvinutá v civilnom letectve (americkou leteckou spoločnosťou FAA a Boeing pre stanovenie údržbového programu pre lietadlá typu Boeing 747 a neskôr hlavne pre lietadlá typu Boeing 777), odkiaľ pramení jej snaha o zvyšovanie bezpečnosti pri nákladovo-efektívnejších činnostiach údržby.



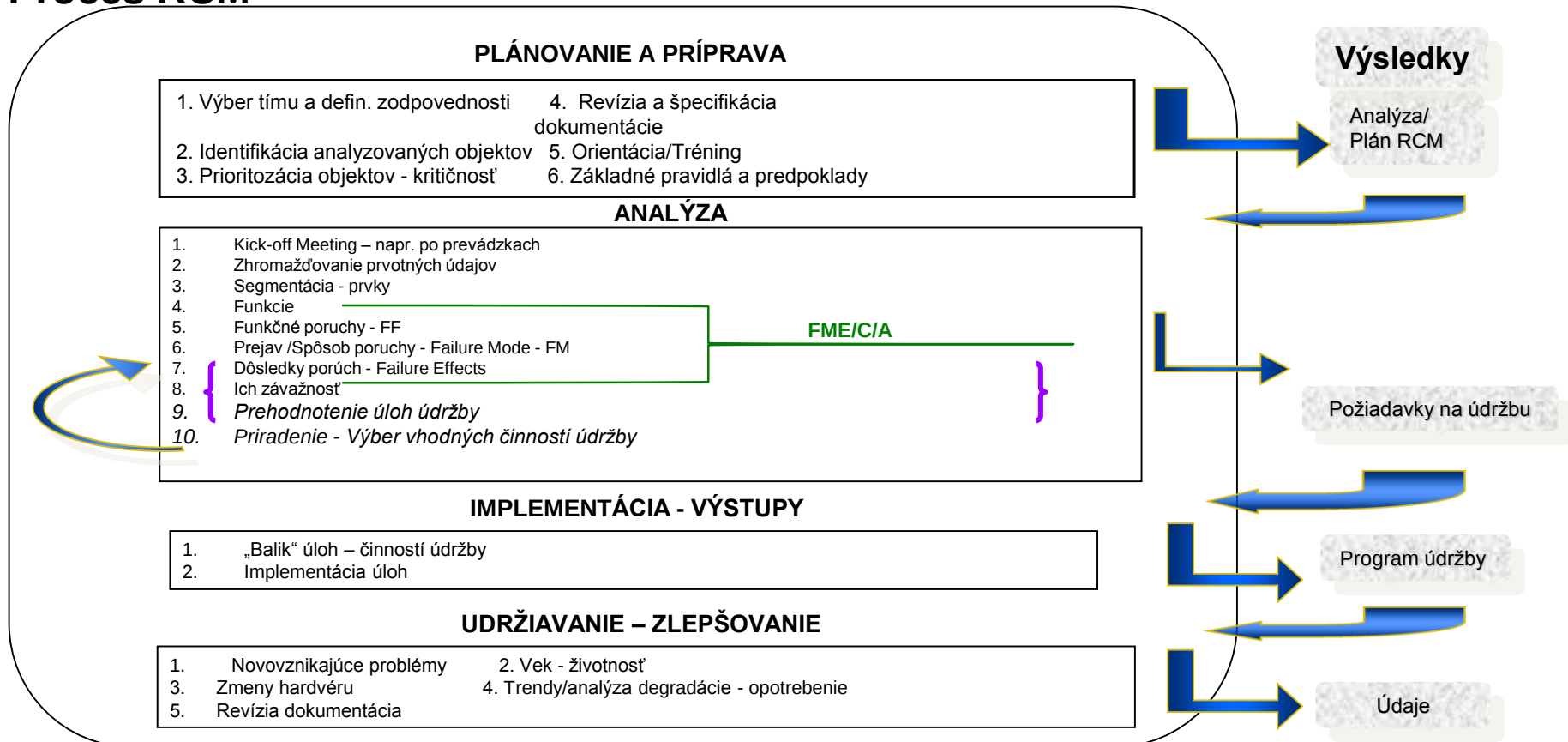
RCM odpovedá na okruh otázok typu :

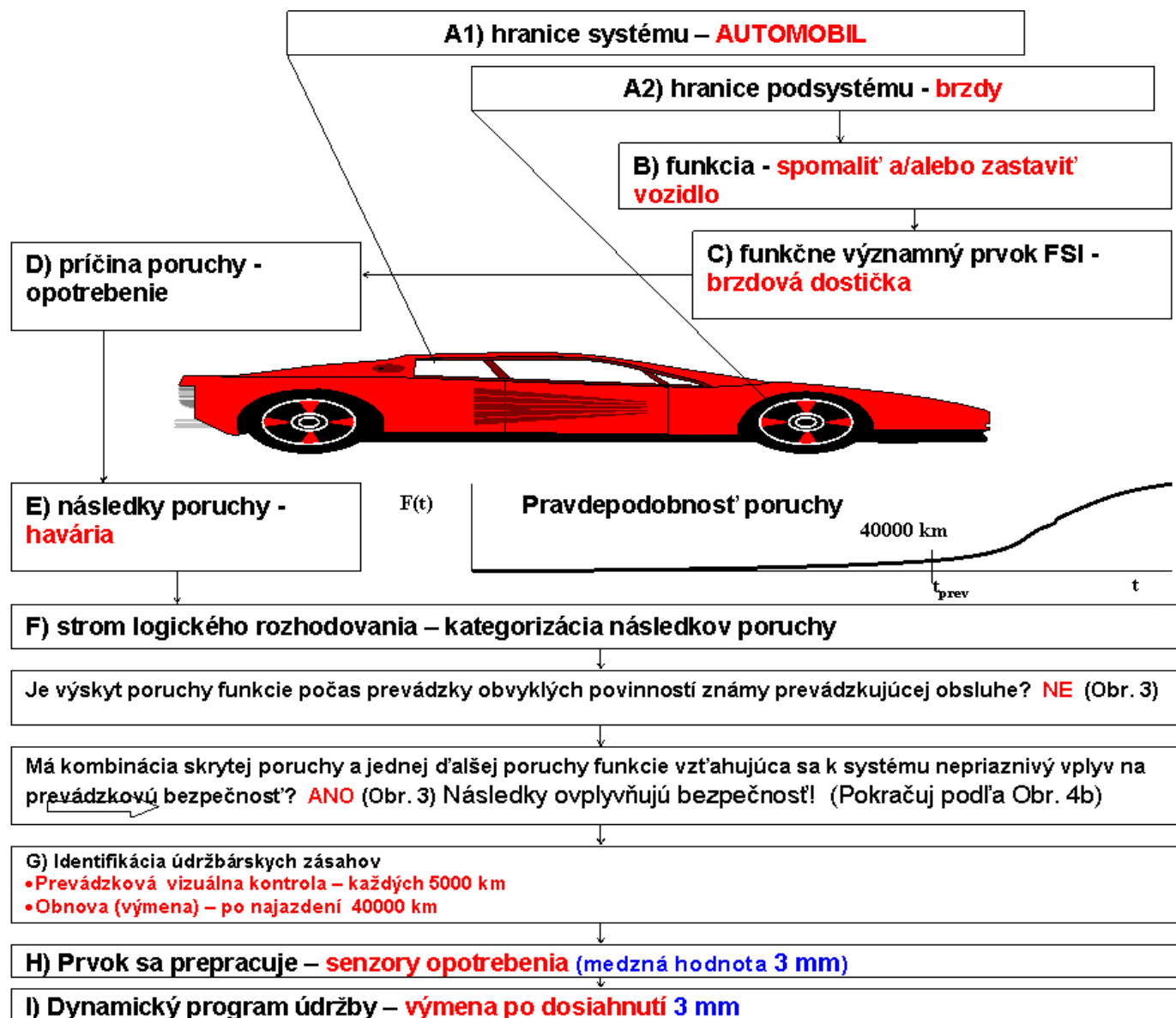
1. **Aké sú funkcie daného zariadenia ?**
2. **Akým spôsobom prestane plniť svoje funkcie ?**
3. **Čo spôsobuje každú funkčnú poruchu ?**
4. **Čo sa stane, keď vznikne porucha ?**
5. **Čo závisí od každej poruchy ?**
6. Čo možno vykonať pre prevenciu poruchy ?
7. Čo by sa malo urobiť, ak nemožno nájsť vhodnú preventívnu údržbu ?

V podstate otázky 1 až 5 predstavujú, aj keď nie úplne metódu FMEA.

Filozofia údržby, orientovaná na spoľahlivosť, akceptuje aktuálne požiadavky údržby pre každý prvok zariadenia a jeho prevádzku, pričom integruje požiadavky na bezpečnosť a efektívnosť nákladov na údržbu

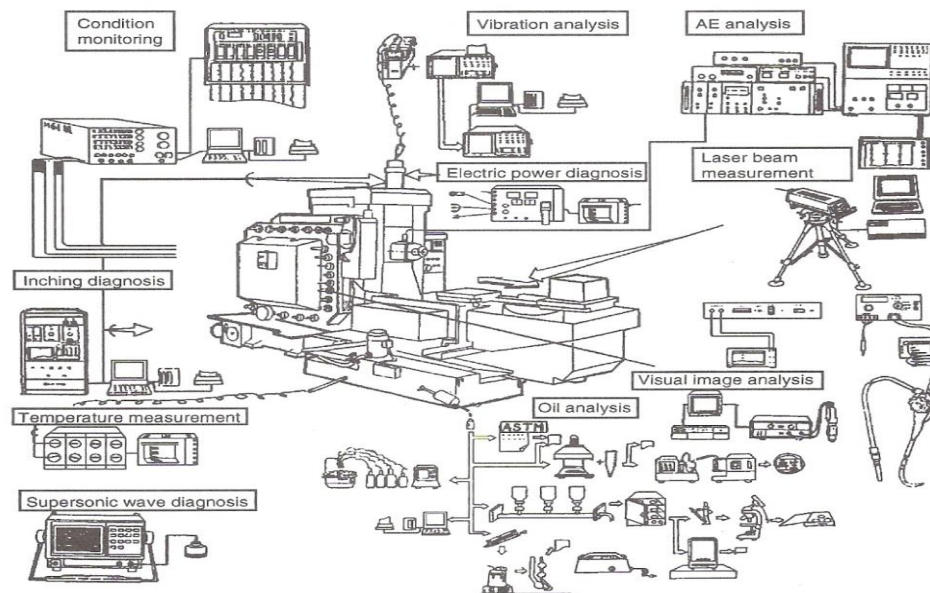
Proces RCM





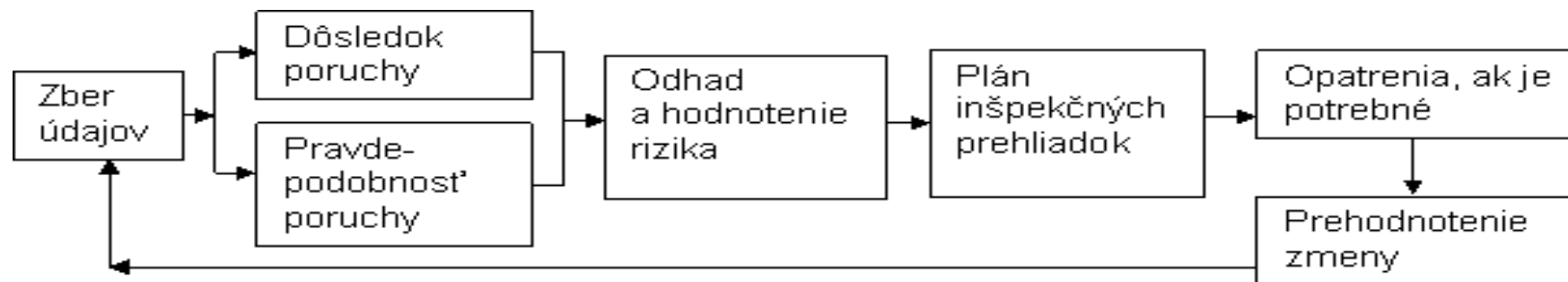
RPN >= 400
 200 >= RPN > 400
 100 >= RPN > 200
 RPN < 100

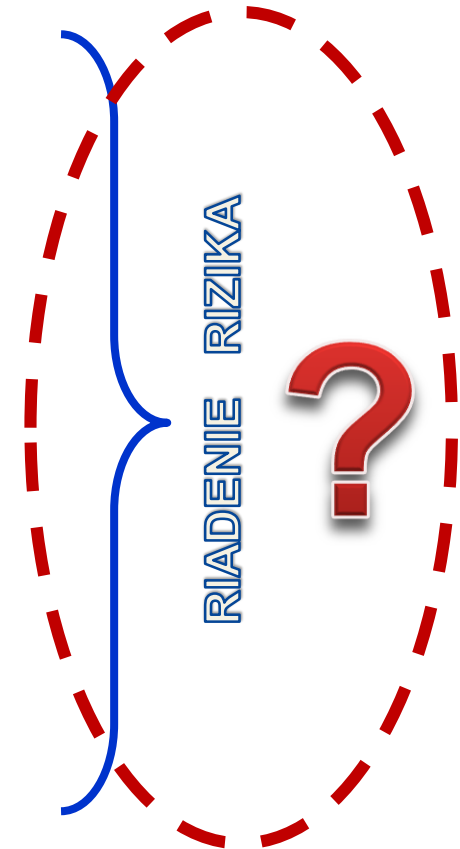
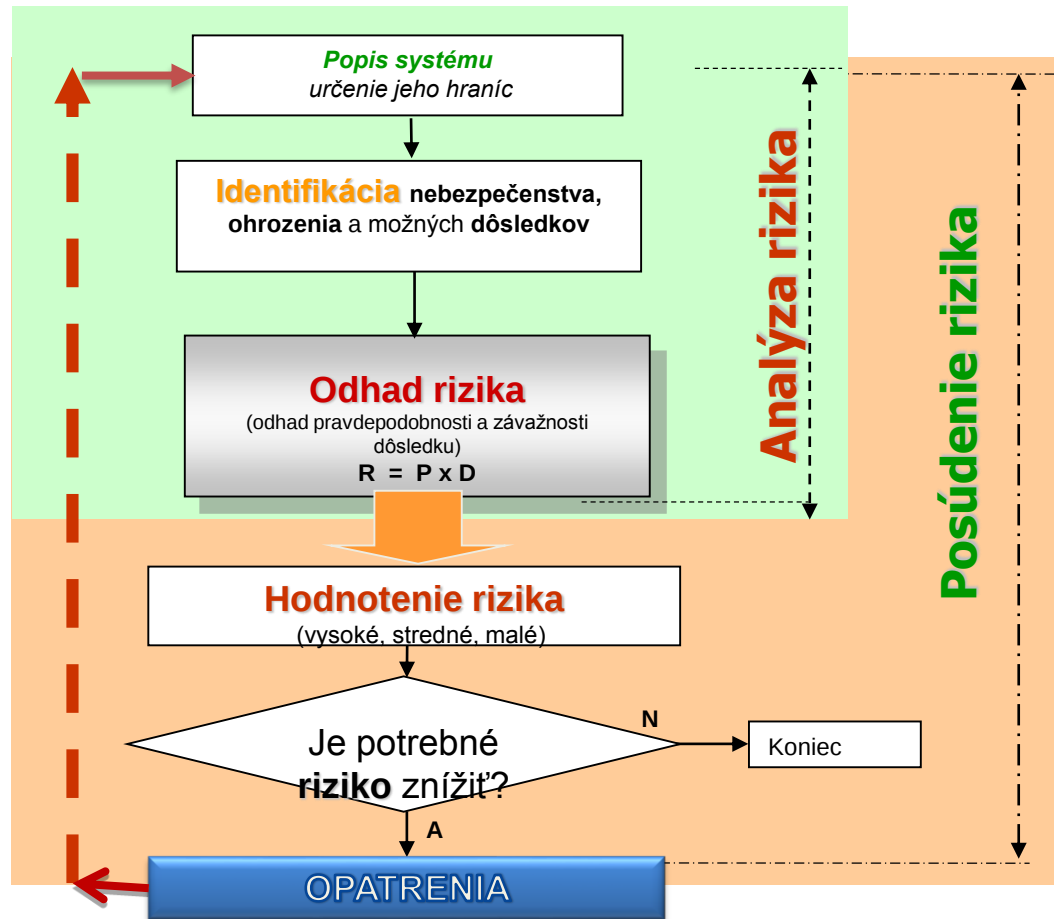
Function	Failure Mode (Loss of Function)	Failure Effect (What happens when it fails)	Cause of Failure	Current Controls	Severity S	Occurrence O	Detection D	RPN	Countermeasures / Action plans (Steps to prevent recurrence)	Responsible	Status	New values			
												S	O	D	RPN
Lubricate the bearings	Piping failure	Missing lubrication or lack of lubricant	1. Oil leakage 1.1. Mechanical impact 1.2. Improper tightening / connections	None	8	9	8	576	Include to the autonomous maintenance plan, the inspection of lubrication piping	Sanders	80%	8	5	2	80
	Filter failure	Missing lubrication or lack of lubricant	1. Obstructed filter 1.1. Saturated filtering element	None	10	8	10	800	1. Install visual indicator to track filter saturation 2. Include to the autonomous maintenance plan, the inspection of filter saturation through the new visual indicator 3. Install a pressure sensor to track the pressure after the filter.	Schneider	30%	10	4	3	120
Transport	Truck failure	Routes going out late	Trailer maintenance contract and service not defined	Plant Maintenance	5	6	10	300	Include in back plan for emergency situations	Anderson	60%	6			0
To carry packed products	Packs not properly maintained	Customer complaints	Lack of racks quality standards and repair plan	None	8	6	5	240	Tag out system must be developed to take bad racks out of system and have them repaired or parted out	Delgado		8			0
Transport goods	No fuel on the truck	Routes going out late	Fueling process not defined	Nearest gas station	5	6	6	180	Expect full tanks of fuel upon arrival of shuttle	Osborn		6			0



Riadenie inšpekčných prehliadok na základe rizík - RBI

RBI je proces, ktorý identifikuje, posudzuje a mapuje priemyselné riziká, ktoré vyplývajú zo strany integrity tlakových zariadení alebo ich prvkov. Zameriava sa na tie riziká, ktoré môžu byť riadené vhodnou preventívnou prehliadkou a analýzou údajov o stave zariadení.





Zdroj: prof. Pačaiová

Matrice kritickosti

NÁPRAVA/KOREKCIA

PRAVDEPODOBNOŠŤ

VYSOKÁ	N	V	E	X	X
STREDNÁ	N	S	V	E	X
NÍZKA	Z	N	S	V	E
ZANED BATEL.	Z	Z	N	S	V
	ZANED BATEL.	NÍZK	STR.	VEL.	ROZSIAHLE

NETOLEROVATEĽNÉ

**EXTREMNÁ
KRITICKOSŤ**

**PODROBNÁ
ANALÝZA**

DÔSLEDKY

**ZANEDBATEĽNÉ
RIZIKO**

**ŽIADNE INŠPEKCIE
LEN REVÍZIE**

NÍZKE

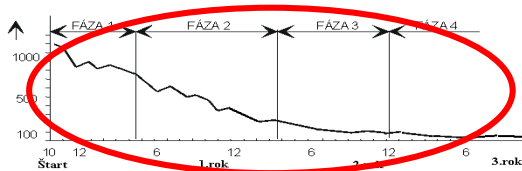
STREDNÉ

**PLÁN INŠPEKCIÍ
A PREHLIADOK**

NAJVYŠŠIA KRITICKOSŤ

Výsledkom je priradenie rizikovej úrovne pre posudzované zariadenie a na základe hodnoty rizika plánovanie predĺženej, alebo skrátenie doby inšpekčnej prehliadky.

Lockout/Tagout - LOTO



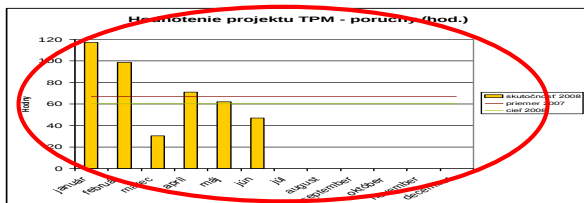
1.krok : Popísať rizika z hľadiska bezpečnosti práce na zariadení.

2.krok : Analyzovať miesta a procesy pri ktorých môže dôjsť k úrazu.

3.krok : Zabezpečiť miesta ohrozujúce bezpečnosť zámkami.

4.krok : Vypracovať štandardy zabezpečenia zariadenia.

5.krok : Vypracovať postup zabezpečenia zariadenia, vyškoliť pracovníkov a verifikovať systém.



**Redukcia úrazov
na nulovú
hodnotu.**

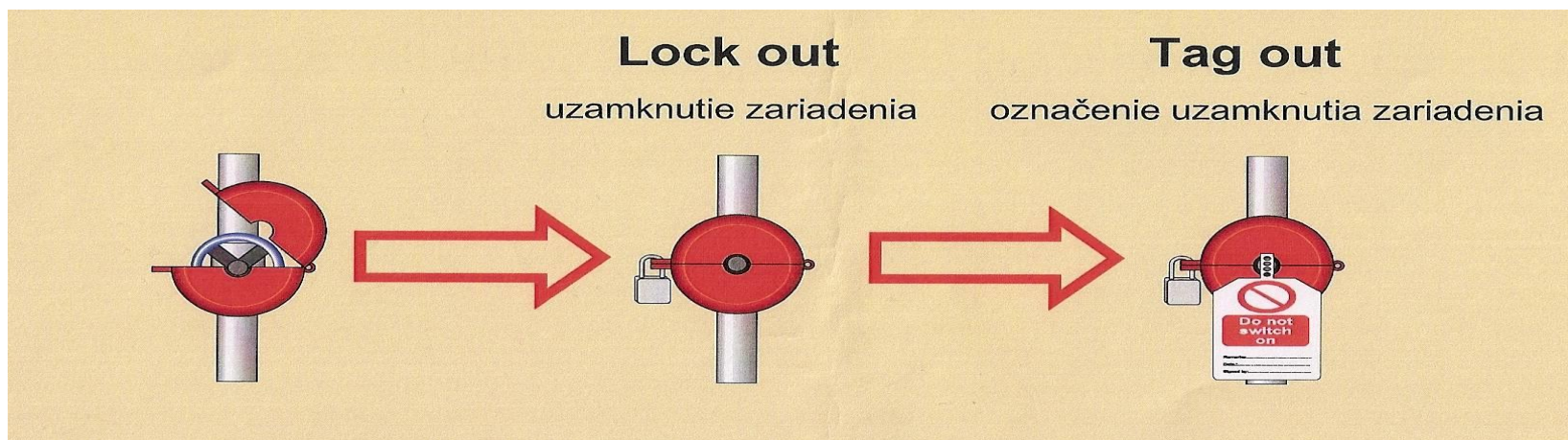
Matica kritickosti

		NÁPRAVA/KOREKCIA				
PRÁVDEPODOBNOŠŤ	RIZIKO	N	V	E	X	X
	VYSOKÁ	N	V	E	X	X
	STREDNÁ	N	S	V	E	X
	NÍZKA	Z	N	S	V	E
DŮSLEDKY	ZANEDBATELNÉ	Z	Z	N	S	V
	STREDNÉ	Z	N	S	V	E
	NAJVIŠŠIA KRIKICKOSŤ	Z	N	S	V	E
	EXTREMNÁ KRIKICKOSŤ	Z	N	S	V	E

ŽIADNE INŠPEKCIE LEN REVÍZIE
 NÍZKE
 STEDNÉ
 NAJVIŠŠIA KRIKICKOSŤ
 PLÁN INŠPEKCIÍ A PREHLIADOK
 PODROBNÁ ANALÝZA

Lockout/Tagout

LOTO (Lock out/Tag out) – je systém zaistovania energií v zariadeniach a strojoch tak, aby nemohlo dôjsť k ich náhodnému, resp. neriadenému uvedeniu do chodu.

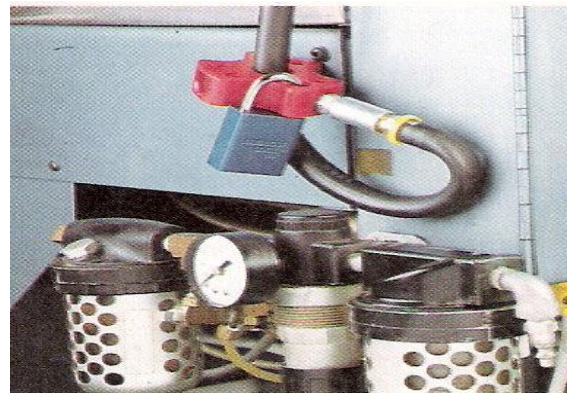
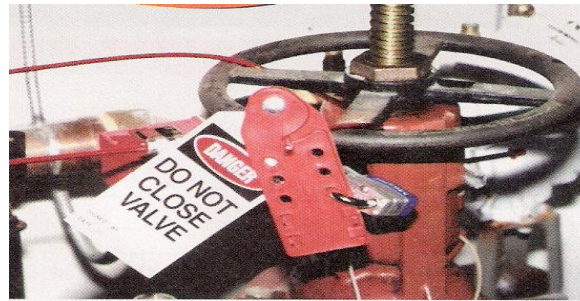
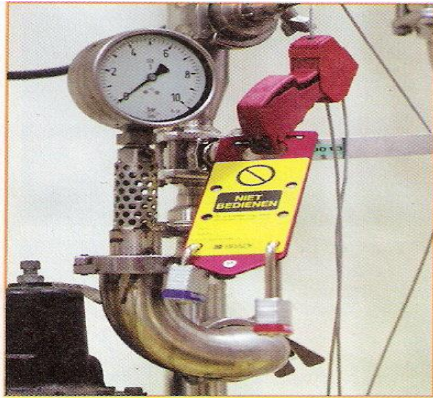


LOTO je prioritne zamerané na ochranu zamestnanca, nie zariadenia.

Najvýznamnejšie pravidlá LOTO

- Systémom LOTO sa musia riadiť zamestnanci interní i externí !
 - Ak nie sú jednoznačné postupy pre sivú zónu, stroj/zariadenie je nutné zaistiť ! (Ak si nie si istý, zaistí !)
 - Stroj/zariadenie sa považuje za zaistené až po overení nulového stavu energií !
 - Každý zamestnanec je povinný pri vstupe do priestoru stroj/zariadenia zaisteného v zmysle LOTO, označiť, alebo zamknúť svoj osobný zámok na LOTO box, nezávisle od toho, že sa tam nachádzajú iné osobné zámky !





Číselník porúč

Typ:	2142	Hodiny draku po poslednej GO/TKVL:	1750
Výrobné číslo:	5487	Hodiny draku od začiatku prevádzky:	4523
OM:	LNU	Štartý po poslednej GO/TKVL:	3211
Dátum zistenia poruchy:	8.4.2011	Štartý od začiatku prevádzky:	1472
Porušená časť/katalógové číslo:	Tlmič-uplňny (kompresor)	Akrobacia od GO/TKVL:	0
Výrobné číslo porušenej časti:	2358746	Bežná prevádzka y prelety od GO/TKVL:	253
Doba prevádzky časti hod/šarty:	820/1256	Poznámka dopĺňajúce údaje:	výmena tlmiča
Popis poruchy:	Štarter netočí vrtuľu	Opatrenia:	dôraznejšia kontrola pri prehliadke
Klasifikácia závažnosti:	5	Prevádzkovateľ:	Aeroklub Žilina
Porucha zistená pri:	3	Majiteľ:	SNA
Pravdepodobná príčina poruchy:	3	Domáce letisko:	LZZI
RPM:	45	Dátum:	27.4.2011
Kategória Poruchy:	Čahká porucha	Vypracoval:	P. Nový

Klasifikácia závažnosti

- ☐ Letecká nehoda
- ☐ Letecký incident
- ☒ Pozemná nehoda
- ☐ Nezávažna prevádzková porucha

Porucha zistená pri:

- ☐ Predletovej, poletovej alebo inej prehľadke
- ☒ Rolovaní
- ☐ Rozjazde a vzlete
- ☐ Normálnom lete
- ☐ Akrobacií
- ☐ Dosadnutí a dojazde
- ☐ Za iných okolností

Pravdepodobná príčina poruchy

- ☐ Konštrukčný nedostatok
- ☒ Prevádzkové opotrebenie
- ☐ Nesprávny postup posádky
- ☐ Nevhodná prevádzková údržba
- ☐ Nevyhovujúca servisná údržba
- ☐ Iná
- ☐ Nazistená

Linia	Časť linky	Drúh čísloto	Príčina poruchy, prestoja	Bíxke úrzenie poruchy
2	0 Cestá linky	0 Porucha mechanická	0 Opatrenie, zlozenie, polkodenie	103X Zásobník kat+Lis
3	1 Cestá linky	1 Porucha elektrická	1 Spávaná reťaz	104X Výmenná klin
4	2 Sústru	2 Výmena nástroj, vozík, dzy	2 Polkodená reťaz, dopravník	105X Oprava sklo prepadačok kat
5	3 2P	3 Plánovaná oprava	3 Zadržte	106X Oprava bezkontaktn. snímača na dráhe kat
6	4 VL	4 PO počas prestavia	4 Nabiturno	107X Ova náhonu
7	5 VP+zas	5 Prevnt. údržba - obsluha	5 Vypadok chodu častí linky	108X Oprava elektromotora kalátora
8	6 Zás	6 Zastavenie výroby	6 Nechodný vzhľad	109X Iné - kalotory
9	7 Ofset	7 Zpiedená	7 Vypadok energi	109V Oprava hlavného náhonu lis
10	8 Pec ABC	8 Iné	8 Iné	109N Výmena klin. remeňov pohonu zotravníka
11	9 Stroj-0	9 Iné	9 Iné	110X Oprava spojky lis
Kľúč opráv				
X	X	X	X	X
Bížíke úrzenie poruchy				
Príčina poruchy, prestoja				
Drúh čísloto				
Časť linky				
linky				

2001	Sústruh	30XK	Zinčaca pec + dopr.
2002	Oprava pohonnej jednotky	301	Oprava variátora pohonu
2003	Oprava náhonu inčovej	302	Oprava pohonnej, reťaze
2004	Oprava prevodového náhonu trnov	303	Oprava ihličkovej reťaze
2005	Oprava elektromagnetikkej spojky	304	Oprava vodičiek kolies ihličkovej reťaze
2006	Oprava žlnákového prevodu v hlavie pohonu	305	Vymena pásu pásového dopravníka
2007	Oprava spojky HARDY	306	Oprava vodičiek kladiek
2008	Oprava priamého kužeľového prevodu	307	Vymena klinového remňa
2009	Oprava hlavného kužeľového pohonu prekládky maltážskeho kríža	308	Oprava vyhrňevacích telies
2010	Oprava pohonu nasávača a sierača túb	309	Oprava ošetrovateľskej časti pece
2011	Vymena dvojitého reťazového kola, výmena reťaze	310	Oprava ochranných obvodov pece
2012	Oprava sekundárneho kužeľového prevodu valcovania závitov	311	Iné
2013	Oprava vachy a kladky valcovania závitov		
2014	Oprava ramien a ložísk		
2015	Oprava nasávača a sierača túb		
2016	Oprava vôle na excentri		
2017	Oprava ozubeného segmentu pohonu		
2018	Oprava ozubených tyčí a kolies	8XK	Pec A, B, C
2019	Oprava rozvodov centrálného rúbného mazania	801	Oprava silových, riadiacich a ochranných zariadení elektrického rozvodu
2020	Oprava náhonu a brzdov trnov	802	Oprava ochranných vyhrňevacích telies
2021	Oprava brzdového obloženia	803	Oprava ihličkovej reťaze
2022	Oprava ložísk trnov	804	Oprava hnacích a hnanych reťazových kolies
2023	Oprava excentrického súdružia	805	Oprava CENTRÁL STOD na tesnení spojov

Číselník príčin a dôsledkov porúch

The screenshot shows the CMS document interface with the following fields and annotations:

- Eq. no.:** 813-5423-MT (Annotated with a yellow circle and an arrow pointing to the top status bar area).
- Name:** No. 5 Hood Exhaust Fan - Motor AC (Annotated with an arrow pointing to the equipment name field).
- Reference:** CMS100R Rt. Seq. 1020 (Annotated with an arrow pointing to the equipment number field).
- Inspection instruction:** Check air intake. Detailed Cleaning, Water/Humidity. Record temperatures, Noise and Vibration, Motor Base, Electrical, Grease. (Annotated with an arrow pointing to the inspection instruction field).
- WORK OR MEASURE:** (Annotated with an arrow pointing to the work order or record measurements field).
- CLOCK:** 12:46:59 pm (Annotated with an arrow pointing to the exact time for inspection field).
- Buttons:** OK (Annotated with an arrow pointing to the OK button).

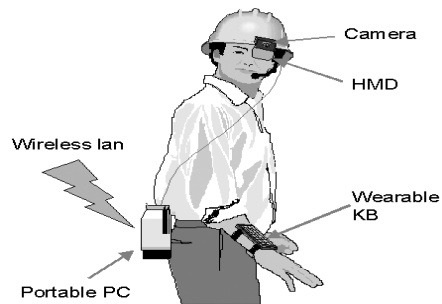
The annotations on the right side of the image are:

- Bar code reader
- Equipment number
- Equipment name
- Inspection instruction (composed by Key words from CMS document)
- CMS document. Refer to if person needs to know how and why inspection is done. All keywords are available in CMS document
- Create work order or record measurements for this equipment number
- Exact time for inspection

Condition Monitoring Route				Page 3
Equip.No Route No Doc No	Equipment Name	Interval Position Volume	Comments	STX.No Activity
45660-361-M01 270 CMS100R	COOLING TOWER PUMP 1 MTR MOTOR MF652 RPM1770	28 1 0	Detailed cleaning of cooling fins and air intake if needed _____. Scan motor and record highest temperature _____. "F. Check for unusual noise _____. Damaged electric junction box _____. Check bolts / foundation / base for cracks, corrosion and looseness _____. Make sure the motor isn't exposed to unnecessary water or moisture _____. Check vibration: Feel _____. And/or use vibr. pen at red dots (middle of bearings in hz plane) coupling side _____. In/s, back side _____. In/s.	
45660-360-001 280 CMS104R	COOLING TOWER PUMP 1 COUPLING	28 1 0	Check rubber and bolts using strobe/light _____. Take a temp. reading with IR-Gun. (max 110 °F if surrounding temp < 80 °F) _____. (don't record). If coupling can't be seen, modify guard at earliest convenience.	
45660-360-P01 290 CMS103R	COOLING TOWER PUMP 1 PUMP	28 1 0	Detailed cleaning _____. Check temperature at bearings _____. Check oil level and oil condition _____. Clean oil glass if dirty _____. Check/Record horiz vibration _____. In/s (coupling side) _____. (packing side) _____. Check for unusual noise _____. Check for right amount of seal water (30-60 drops/min) _____. Look at seal water for contamination _____. Check hose or tubing for loose fittings, corrosion, damage _____. Check packing for excessive leakage _____. Packing gland gap _____. Check discharge pressure if gauge is installed _____. Check foundation/base /bolts for corrosion, cracks and looseness _____. Check piping to / from pump for leaks _____. CMS reference Equipment number and name Interval (days) Instruction	



Využitie znalostného manažmentu a rozšírenej reality



Návrh systému sledovania návodu výkonu údržbárskeho výkonu



Údržbár vykonávajúci údržbu v stiesnených priestoroch

Súčasný trend zamerania údržby

- Zlepšovanie jestvujúceho stavu údržby v podniku.
- Spoľahlivosť.
- Predikcia a plánovanie.
- Integrovaťnosť.
- Nie je jednotný prístup riadenia.
- Ekológia a udržiateľnosť.
- CMMS (Computerized maintenance management system)

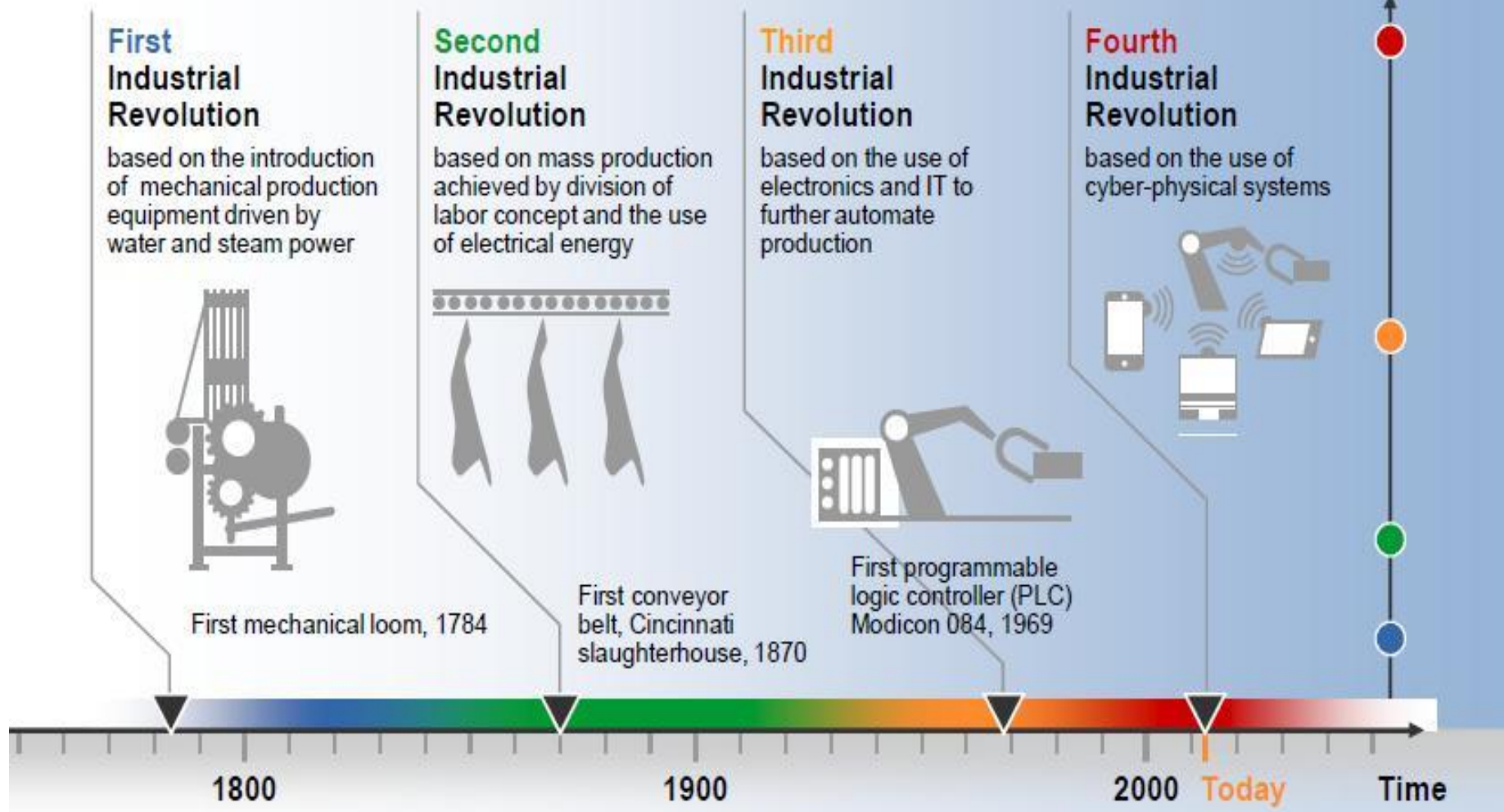


Trendy v priemysle

- Integrácia informačných a komunikačných technológií do všetkých vnútorných procesov podniku
- Skracovanie životného cyklu výrobkov a vývoja
- Poskytovanie viac s menej
- Globalizácia, konsolidácia
- Masová customizácia
- Zdieľanie informácií
- Otvorené trhy
- SCM a CRM



From Industry 1.0 to Industry 4.0



Zdroj: <http://www.siemens.com/news-topics/de/teasers/die-zukunft-ist-hier.htm>

Údržba 4.0

Koncept založený na systematických preventívnych opatreniach a rýchlych a účinných postupoch pre prípad poruchy zariadenia:

- Organizácia a riadenie všetkých aktivít údržby centrálne.
- Odbornosť na vybavenie, analýzy porúch a riešenia.
- Spravovanie inštalovaného zariadenia, servisná história a rozpočet.
- Pravidelné návštevy technikov vo výrobe pre kompletnú kontrolu stavu zariadení.
- Kombinácia nutných opráv s ročnými prieskumami a rozvrhovaním údržbárskych prác.
- Vzdialený monitoring (využitie internetu, aplikácií, smartphone)

