

Návrh řešení sběru dat poruch strojů pro racionalizaci údržby

Jiří Krůžela

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jiří Krůžela
Osobní číslo: M21010
Studijní program: B0413P050013 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Návrh řešení sběru dat poruch strojů pro racionalizaci údržby

Zásady pro vypracování

Úvod

Definuje cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši k metodám sběru a analýzy dat pro potřeby údržby.

II. Praktická část

- Analyzujte současný stav sběru dat poruch strojů.
- Navrhňte řešení pro zefektivnění sběru dat poruch strojů.
- Zhodnoťte navrhovaná řešení.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

HENDL, Jan. *Big data: věda o datech – základy a aplikace*. Průvodce. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3031-3.
POTANČOK, Martin; POUR, Jan a CHRAMOSTOVÁ, Veronika. *Business analytika v praxi*. Praha: Oeconomica, nakladatelství VŠE, 2020. ISBN 978-80-245-2382-8.
SAYED-MOUCHAWEH, Moamar. *Predictive Maintenance in Dynamic Systems: Advanced Methods, Decision Support Tools and Real-World Applications*. Switzerland: Springer, 2019. ISBN 978-303005644-5.
ŠPERKA, Roman. *Informační podpora podnikových procesů*. Jesenice: Ekopress, 2019. ISBN 978-80-87865-55-2.
WESTON, Matthew. *Learn Microsoft PowerApps: Build Customized Business Applications without Writing and any Code*. Birmingham: Packt, 2019. ISBN 978-1-78980-582-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Pivnička, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Felicita Chromjaková, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 5. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně: 16.5.2024

Jméno a příjmení: Jiří Krůžela.

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem řešení pro sběr dat o poruchách strojů za účelem zefektivnění údržby ve společnosti Wicke CZ, s.r.o. Teoretická část se zaměřuje na typy údržby, metody sběru dat a klíčové ukazatele výkonnosti (KPI). Praktická část analyzuje informační systémy společnosti a odhaluje nepřesnosti v současném sběru dat. Navrhovaná řešení zahrnují vytvoření kódovníku poruch, novou databázovou tabulku pro přesné záznamy a integraci s Power Platformou pro lepší analýzu dat. Implementace těchto řešení by měla zlepšit údržbu, snížit náklady a podpořit preventivní údržbu.

Klíčová slova: preventivní údržba, power platforma, sběr dat, power bi, prediktivní údržba

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on designing a solution for collecting data on machine failures to improve maintenance efficiency at Wicke CZ, s.r.o. The theoretical part addresses types of maintenance, data collection methods, and key performance indicators (KPIs). The practical part analyzes the company's information systems and identifies inaccuracies in the current data collection process. The proposed solutions include creating a failure code system, a new database table for accurate records, and integration with the Power Platform for better data analysis. Implementing these solutions should enhance maintenance, reduce costs, and support preventive maintenance.

Keywords: preventive maintenance, power platform, data collection, power bi, predictive maintenance

Děkuji panu Ing. Michalovi Pivničkovi, Ph.D. za cenné rady, při konzultacích ohledně vypracování mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl také poděkovat společnosti Wicke CZ, s.r.o.

Na závěr bych chtěl rád poděkovat rodině a přátelům za motivaci a podporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ÚDRŽBA	13
1.1 ÚDRŽBA PO PORUŠE	13
1.2 PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA.....	14
1.3 PREDIKTIVNÍ ÚDRŽBA.....	16
1.4 VÝVOJ ÚDRŽBY	17
2 METODY SBĚRU A ANALÝZY DAT PRO RACIONALIZACI ÚDRŽBY	18
2.1 SLEDOVÁNÍ STAVU PREDIKTIVNÍ ÚDRŽBOU	18
2.2 TECHNOLOGIE PREDIKTIVNÍ ÚDRŽBY A PRŮMYSLU 4.0	20
2.2.1 Internet of Things	20
2.2.2 Cloud computing.....	20
2.2.3 Big Data	21
2.2.4 Umělá inteligence.....	21
2.2.5 Strojové učení.....	22
2.2.6 Rozšířená realita.....	22
2.3 ANALÝZA ZTRÁT	22
2.3.1 Analýza celkové efektivity zařízení (CEZ)	23
2.3.2 Paretova analýza.....	23
2.3.3 Diagram příčin a následků	23
2.3.4 Strom poruch též jako Fault Tree Analysis (FTA).....	24
2.3.5 3xO analýza.....	24
2.3.6 FM analýza.....	24
2.3.7 Analýza spolehlivosti	24
3 ANALÝZA PORUCH	26
3.1 STŘEDNÍ DOBA DO OBNOVY TAKÉ MEAN TIME TO REPAIR (MTTR).....	26
3.2 STŘEDNÍ DOBA MEZI PORUCHAMI TAKÉ MEAN TIME BETWEEN FAILURE (MTBF)	26
3.3 STŘEDNÍ DOBA MEZI SELHÁNÍM TAKÉ MEAN TIME TO FAILURE (MTTF)	27
3.4 PROCENTO PLÁNOVANÉ ÚDRŽBY TAKÉ PLANNED MAINTENANCE PERCENTAGE (PPC).....	27
3.5 KONZISTENCE S PLÁNOVANOU ÚDRŽBOU TAKÉ PLANNED MAINTENANCE COMPLIANCE (PMC)	27
3.6 ŠEST KŘIVEK PORUCHOVOSTI	27
3.6.1 Náhodná	28
3.6.2 Úmrtnost v raném stádiu	28
3.6.3 Stoupající.....	29

3.6.4	Rychle rostoucí následně stabilní	29
3.6.5	Konečná úmrtnost	30
3.6.6	Vana	30
4	MICROSOFT POWER PLATFORM	31
4.1	POWER APPS	31
4.1.1	Model-driven apps	31
4.1.2	Canvas apps.....	31
4.2	POWER AUTOMATE	31
4.2.1	Process maining	32
4.2.2	Task maining.....	32
4.3	POWER BI.....	32
4.4	POWER PAGES	33
II	PRAKTICKÁ ČÁST	34
5	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	35
5.1	HISTORIE SKUPINY WICKE A WICKE CZ, S.R.O.	36
5.2	EKONOMICKÉ UKAZATELE WICKE CZ, S.R.O.....	37
5.3	STROJNÍ PARK.....	38
6	ANALÝZA INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ VE SPOLEČNOSTI A JEJICH NÁVAZNOST NA PODPORU ÚDRŽBY	39
6.1	INFORMAČNÍ SYSTÉM SAP	39
6.2	CIMCO MDC	39
6.3	Q-LANŸS	41
6.4	POWER PLATFORMA.....	42
7	ÚDRŽBA VE SPOLEČNOSTI	43
7.1	PROCES ZÁZNAMU PORUCH	43
7.2	VLIV PORUCHOVOSTI NA CELKOVOU EFEKTIVITU ZAŘÍZENÍ	46
8	SBÍRANÁ DATA.....	47
8.1	DATABÁZE MYSQL	47
8.2	ZPRACOVÁNÍ DAT V POWER QUERY	47
8.2.1	Vykázaná data dle pracovníků	48
8.2.2	Vykázaná data dle zakázek	50
8.3	EXCEL REPORT	52
8.4	Q-LANŸS DATA	53
8.5	ANALÝZA PŘESNOSTI SBÍRANÝCH DAT	53
9	ZJIŠTĚNÉ NEDOSTATKY.....	56
10	NÁVRHY	57
10.1	VYTVOŘENÍ KÓDOVNÍKU PORUCH	57

10.2	VYTVOŘENÍ NOVÉ DATABÁZOVÉ TABULKY V MYSQL PRO ZÁZNAM PORUCH	59
10.3	PROPOJENÍ POMOCÍ POWER PLATFORMY	59
10.4	VYTVOŘENÍ DASHBOARDU PORUCH POWER BI	61
11	ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	62
11.1	KÓDOVNÍK PORUCH.....	62
11.2	VYTVOŘENÍ DATABÁZOVÉ TABULKY V MYSQL PRO ZÁZNAM PORUCH	62
11.3	PROPOJENÍ SYSTÉMŮ POMOCÍ POWER PLATFORMY	63
11.4	VYTVOŘENÍ DASHBOARDU PORUCH V POWER BI	64
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	72
	SEZNAM GRAFŮ	73
	SEZNAM DIAGRAMŮ	74

ÚVOD

V dnešní době je údržba rychle se vyvíjející téma, které se přizpůsobuje novým trendům a technologiím. Díky příchodu průmyslu 4.0 je pro údržbu klíčové nejen mít zdatné techniky, kteří poruchy opraví, ale i datové analyticky, kteří by dokázaly poruchy zkoumat a předpovídat. To, jakou strategii firma zvolí v rámci údržby, se dost propisuje na její celkové efektivitě zařízení, která je klíčová pro obstání v konkurenčním světě.

Proto téma bakalářské práce pojednává o návrhu sběru dat poruch strojů pro racionalizaci údržby, aby bylo do budoucna dosaženo efektivnějšího rozhodování pro podporu údržby na základě dat. Práce je vyhotovena ve společnosti Wicke CZ, s.r.o., která se podle vyhodnocení celkové efektivity zařízení a složek jí ovlivňující potýká s vysokou poruchovostí a stráveným časem v údržbě.

V teoretické části budou jako první představeny typy údržby a poté metody sběru dat pro racionalizaci údržby. Poté budou představeny nejdůležitější KPI poruchovosti, které je nutné sledovat a na konci teoretické části autor popíše rychle se vyvíjející Power Platformu, která si klade za cíl umožnit organizacím rychle vyvíjet aplikace pro sběr dat a poté je analyzovat v Power BI.

V praktické části Vám autor nejdříve představí společnost Wicke CZ, s.r.o. Poté se pustí do zkoumání systémů, které by mohla společnost využívat pro sběr dat poruch, kde je provedeno zhodnocení silných a slabých stránek systémů. Analýza by měla ukázat budoucí směr jakým se dál ubírat. V další části autor zmapuje údržbu ve společnosti včetně celkové efektivity zařízení a jak jsou data o poruchovosti zaznamenávány a je s nimi dál nakládáno. V poslední části analýzy autor do detailu rozebere, jaké data o poruchovosti jsou systémy sbírány.

Po zhodnocení stavu autor navrhne několik řešení, které mají za úkol usnadnit nejen sběr dat, ale i jejich analýzu pro racionalizaci údržby. V závěru práce budou návrhy zhodnoceny.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je analyzovat současný stav sběru dat poruch strojů a na základě analýzy navrhnout řešení pro zefektivnění sběru dat ve společnosti Wicke CZ, s.r.o., od června 2023 do března 2024.

Použité metody:

- Analýza silných a slabých stránek systémů:
 - SW analýza (Strengths, Weaknesses):
 - Zaměřena na systémy s potenciálem využití v údržbě.
 - Data získána z rozhovorů s vedoucími pracovníky a osobního pozorování.
- Zhodnocení údržby ve společnosti:
 - Procesní analýza zaznamenávání poruch
 - Vytvořena na základě autorova pozorování a rozhovoru s vedoucími pracovníky.
 - KPI analýza (Key Performance Indicators):
 - Použití dashboardu celkové efektivity zařízení (CEZ, Overall Equipment Effectiveness – OEE) vytvořeného autorem.
- Analýza sbíraných dat z různých systémů:
 - Zjištění využitelných dat a identifikace dat, která je nutné zpřesnit.
 - Srovnávací analýza (Benchmarking):
 - Porovnání dat mezi systémy.

Po provedení analýz autor shrne zjištěné nedostatky a představí návrhy na zlepšení sběru dat poruch a jak dané zlepšení pomůže racionalizovat údržbu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚDRŽBA

Podle ČSN EN 13306 (2018) je údržba definována jako: „Kombinace všech technických, administrativních a manažerských zásahů během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci, nebo jeho navrácení do tohoto stavu.“

Dle Legáta (2016) můžeme údržbu rozdělit podle následujícího schématu:

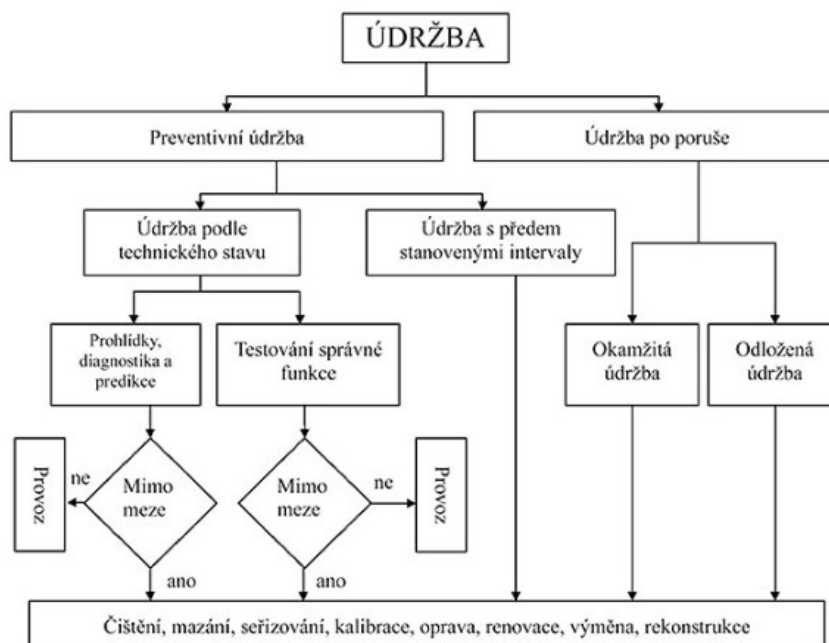


Diagram 1 Dělení údržby dle legáta (Legát, 2016)

Norma ČSN EN 13306 (2018) rozděluje údržbu do několika typů:

1.1 Údržba po poruše

Údržba po poruše spadá pod reaktivní přístup, který se zaměřuje na opravu zařízení až po výskytu poruchy. Má za cíl co nejrychleji odstranit závadu, aby nedocházelo k prostojům strojů a neplánovému přerozdělování zdrojů. (skyplanner.ai, [2024])

Údržba po poruše se dále dělí na (ČSN EN 13306 2018):

- Odloženou
- Okamžitou

V zahraničních zdrojích můžeme najít rozdělení, které údržbu po poruše ještě rozděluje na korektivní (slideshare.net, 2013)

Rozdíl mezi korektivní a údržbou po poruše je ve strategickém přístupu k údržbě, Kdy u údržby po poruše vychází od začátku ze strategie opravit poruchu až po výskytu, kdežto u korektivní údržby se vychází z proaktivní strategie, kdy se může počítat s plánovanými poruchami. (Fractall.com)

1.2 Preventivní údržba

Balachandran (2024) uvádí, že je klíčovým aspektem proaktivního přístupu pro efektivní řízení průmyslových zdrojů a zaměřuje se na předcházení poruchám a optimalizaci výkonu zařízení.

Podle ČSN EN 13306 (2018) je preventivní údržba definována jako: „*Údržba prováděná se záměrem posoudit degradaci a/nebo zmírnit její následky a snížit pravděpodobnost poruchy objektu*“ a dělí je na:

- Údržbu s předem stanovenými intervaly
- Údržba podle stavu, diagnostická údržba

Podle jiných zdrojů spadá preventivní údržbu do proaktivního přístupu a je rozdělena do několika typů (slideshare.net, 2013):

- Rutinní údržba:

Zahrnuje pravidelně plánované údržbářské činnosti. Tento typ údržby obvykle zahrnuje úkoly jako mazání, čištění, kontrola bezpečnosti, výměna opotřebovaných dílů a další preventivní opatření. Rutinní údržba je systematická a často se provádí podle předem stanoveného harmonogramu. (slideshare.net, 2013)

- Údržba během provozu zařízení:

Zahrnuje provádění údržbářských prací bez zastavení provozu zařízení. Typicky zahrnuje činnosti jako mazání, čištění, výměnu filtrů a drobné opravy, které nevyžadují vypnutí zařízení. (slideshare.net, 2013)

- Údržba během odstávky:

Se provádí během úplného odstavení provozu, což umožňuje provést důkladné inspekce, opravy a modernizace, které by nebyly možné během běžného provozu. (slideshare.net, 2013)

- Příležitostní údržba:

Zahrnuje provádění údržbářských činností, když se naskytne neplánovaná příležitost, například během krátké přestávky v provozu. Tento přístup umožňuje proaktivní údržbu bez způsobení dalšího odstávky. (slideshare.net, 2013)

- Údržbová okna:

Jsou plánované údržby během předem definovaných období, často sladěných s plánovanými odstávkami nebo obdobími nižšího provozu. Údržbová okna jsou strategicky zvolena, aby minimalizovala dopad na produkci a zajistila efektivní provedení údržbářských prací. (slideshare.net, 2013)

Podle TRADEMEDIA INTERNATIONAL (© 2024) preventivní údržbu lze rozdělit na 3 kategorie:

- Pravidelná (periodická) údržba:

Údržba se provádí na základě doporučení výrobců zařízení a dle stanoveného harmonogramu dochází k výměně komponent. Druh údržby má střední až vysoké náklady a mírně prodlužuje životnost zařízení. (TRADEMEDIA INTERNATIONAL © 2024)

- Preventivní údržbu:

Tento typ údržby předchází pravidelné údržbě, zahrnuje provádění zkoušek spolehlivosti a kontroly, Využívá historická data k porovnání výsledků, aby se předvíдалo poruchám. Údržba vyžaduje vysoké náklady, ale výrazně se prodlužuje životnost zařízení. (TRADEMEDIA INTERNATIONAL © 2024)

- Údržbu podle technického stavu (Condition Based Maintenance, dále jen CBM):

Údržba na základě stavu (Condition Based Maintenance, CBM) je pokročilá metoda preventivní údržby, která závisí na vyspělých softwarových algoritmech a kontinuálním monitorování dat z čidel a polní instrumentace pro přesné předpovědi stavu jednotlivých částí. CBM poskytuje celkový pohled na spolehlivost podniku a může zajistit téměř nepřetržitý provoz. Ačkoli je tato údržba velmi nákladná, nabízí maximální prodloužení provozuschopnosti zařízení. (TRADEMEDIA INTERNATIONAL © 2024)

1.3 Prediktivní údržba

Podle ČSN EN 13306 (2018) je prediktivní údržba definována jako: „*Údržba podle stavu prováděná na základě předpovědi odvozené z opakované analýzy nebo ze známých charakteristik a vyhodnocení významných parametrů degradace objektu*“

Prediktivní údržba (Predictive Maintenance) se zaměřuje na předcházení poruchám a výpadkům zařízení prostřednictvím propojení podnikového vybavení s IoT, využitím pokročilých analýz na data poskytovaná v reálném čase a aplikací výsledků těchto analýz k tvorbě informovaných, nákladově efektivních a účinných protokolů údržby. (SAP, © 2024)

Podle Levitta (2011) lze považovat jakoukoli inspekční činnost na seznamu úkolů preventivní údržby za prediktivní. Základní princip spočívá v tom, že všechny inspekce hodnotí stav aktiva a inspektor posuzuje, zda se projevuje opotřebení, které by mohlo vést k selhání. Když inspektor zjistí, že například ložisko skřípe a pravděpodobně selže, činí tím prediktivní prohlášení na základě pozorování.

Levitte (2011) uvádí, že prediktivní údržba je způsob, jak interpretovat data. Definice neuvádí konkrétní prostředky, které jsou k tomu využity. Ve skutečnosti se zaměřuje na aplikaci logiky a zkušeností na základě pozorování. Klíčové je, že závěry vycházejí z pozorování, úsudku a logiky; tyto faktory určují, zda je činnost prediktivní. V současné terminologii bychom řekli, že prediktivní údržba je metoda využití dat. To, jak logicky vyvozujeme závěry z dat, určuje její prediktivní charakter.

Podle Lughofera a Sayed-Mouchaweh (2019) prediktivní údržba zahrnuje sledování a analýzu stavu systémových součástí, výrobních procesů a řetězců v reálném čase. Jejím hlavním cílem je intervenovat při výskytu chování, které typicky předchází selhání strojů, zhoršení výkonu nebo snížení kvality produkce.

1.4 Vývoj údržby

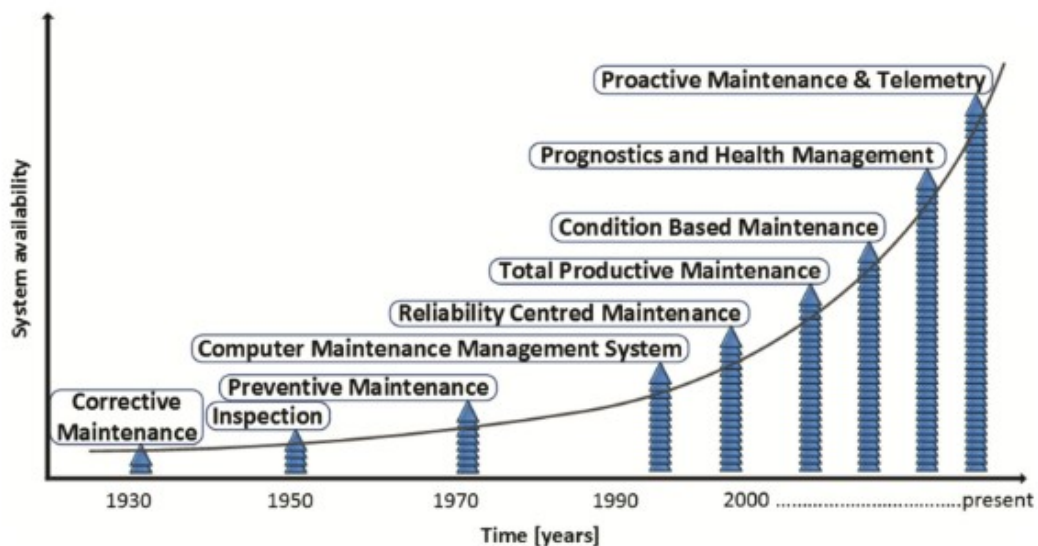
Podle Ženíška et al. (2019) lze charakterizovat vývoj údržby a náležití charakteristiky podle této tabulky 1.

Tabulka 1 Vývoj údržby (Podle Ženíška et al., 2019)

Průmyslová revoluce	Průmysl 1.0	Průmysl 2.0	Průmysl 3.0	Průmysl 4.0
Charakteristiky revoluce	Mechanizace parní stroj	Hromadná výroba, montážní linka, elektrifikace	Automatizace, počítače, elektronika	Internet věcí, cloud, big data, umělá inteligence, kyber-fyzické systémy, virtuální dvojčata, 3D tiskárny
Druh údržby	Údržba po poruše	Preventivní údržba	Proaktivní údržba	Prediktivní údržba
Inspekce	Visuální inspekce	Inspekce pomocí přístrojů	Monitorování sensory	Prediktivní analýzy
Celková efektivnost zařízení (OEE)	<50%	50-75%	75-90%	>90%
Zaměstnanci údržby	Trénování údržbářů	Inspektoři údržby	Spolehlivostní inženýři, IT specialisté	Datoví specialisté

2 METODY SBĚRU A ANALÝZY DAT PRO RACIONALIZACI ÚDRŽBY

Dle J. Furch et al. (2018) metody sběru dat v údržbě se vyvíjely příchodem nových trendů a vývojem údržby. Jak můžeme vidět na grafu 1



Graf 1 Trendy v údržbě (J. Furch et al., 2018)

V rámci kapitoly budou nejprve představeny metody prediktivní údržby a trendy průmyslu 4.0, které prediktivní údržbu ovlivňují. Poté budou představeny primárně metody preventivní údržby v podkapitole analýzy ztrát.

2.1 Sledování stavu prediktivní údržbou

Prediktivní údržba využívá kyberneticko-fyzikální systémy, které umožňují integraci strojů a podnikových aktiv do chytré sítě IoT. Tento proces začíná identifikací podmínek, které je nutné sledovat, poté se připojí senzory a vytvoří síť IoT. Nakonec jsou shromážděná data analyzována, aby poskytla praktická zjištění a přehledy. Prvním klíčovým krokem k transformaci správy podnikových aktiv prostřednictvím prediktivní údržby je identifikace těchto monitorovaných podmínek. (SAP, © 2024)

Manažeři nejprve musí určit podmínky, které je třeba u každého stroje sledovat. Tato analýza může být vizuální, sluchová, tepelná nebo – nejčastěji – kombinací těchto a dalších kritérií. Technologickým krokem v této fázi je výběr vhodných senzorů a monitorovacích nástrojů, které budou nainstalovány: (SAP, © 2024)

- Vibrační analýza:

Drobná odchylka ve vzorcích vibrací může naznačovat nesouosost nebo nerovnováhu, zatímco zvýšené vibrace mohou signalizovat hrozící selhání ložisek nebo jiné problémy. Tato analýza je schopna poskytnout včasné varování před selháním a je obzvláště efektivní při detekci nesouososti, nerovnováhy, mechanické vůle nebo opotřebených či poškozených komponent. (SAP, © 2024)

- Zvuková a ultrazvuková analýza:

Během běžného provozu vytvářejí systémy konstantní zvukové vzory. Jakékoli odchylky v těchto vzorech mohou naznačovat opotřebení nebo jiné zhoršení. Ultrazvuková analýza poskytuje informace o celkovém stavu systému tím, že převádí vysokofrekvenční zvuky, jako jsou zvuky z parních úniků nebo úniků vzduchu, do slyšitelného spektra. (SAP, © 2024)

- Infračervená analýza:

Termografie, podobně jako ultrazvuková analýza, identifikuje skryté problémy tím, že pomocí infračervené technologie převádí teplotní změny do viditelného spektra. Dokonce i drobné odchylky od normálních provozních teplot mohou signalizovat nadcházející problémy. (SAP, © 2024)

- Analýza tekutin:

Vedle monitorování úrovní a teplot tekutin může fyzikální a chemická analýza poskytovat hodnotné informace o stavu mechanických částí. Analýzou rychlosti degradace chladicích kapalin a maziv lze provádět preventivní údržbu na základě získaných dat. (SAP, © 2024)

- Další technologie:

Různá průmyslová odvětví mají specifické požadavky na prediktivní údržbu, což vyžaduje speciální technologie. Patří sem laserové vyrovňávání, monitorování elektrických obvodů, detekce trhlin, sledování koroze, změny elektrického odporu a další metody měření koroze nebo poškození, přizpůsobené konkrétním potřebám oboru. (SAP, © 2024)

2.2 Technologie prediktivní údržby a průmyslu 4.0

Po stanovení výše uvedených kritérií je nutné nainstalovat vhodné senzory a monitorovací zařízení a připojit je k centrálnímu podnikovému systému, typicky systému ERP, prostřednictvím cloudové IoT sítě. Následně je důležité zavést softwarová řešení využívající umělou inteligenci, která jsou schopná provozovat různé algoritmy a analytické procesy, aby poskytla užitečné přehledy a doporučení na základě shromážděných dat. (SAP, © 2024)

2.2.1 Internet of Things

Podle Achouch et al. (2022) průmyslový internet věcí (IIoT) představuje klíčovou složku Průmyslu 4.0, která transformuje tradiční průmyslová prostředí tím, že propojuje stroje a zařízení do inteligentních sítí. Tyto sítě umožňují kyberneticko-fyzikálním systémům vzájemně komunikovat a interagovat, což mění způsob, jakým jsou data sbírána a využívána. Automatický sběr a analýza dat, která IIoT poskytuje, umožňuje efektivnější monitorování a řízení průmyslových procesů, zlepšuje operativní efektivitu a minimalizuje potřebu lidské intervence. Tento přístup nejen zvyšuje produktivitu, ale také přináší významné zlepšení v oblasti bezpečnosti a udržitelnosti, díky lepší schopnosti předvídat a reagovat na potenciální problémy v reálném čase.

Mnoho starších zařízení stále funguje velmi dobře, ale jejich analogová technologie neumožňuje digitální integraci. Tyto stroje mohou být vybaveny IoT bránami, které mohou obsahovat kamery, mikrofony a teploměry pro sběr a přenos dat o jejich provozním stavu v reálném čase. (SAP, © 2024)

2.2.2 Cloud computing

Cloud computing umožňuje poskytování výpočetních služeb prostřednictvím internetu. Tyto služby zahrnují běžnou IT infrastrukturu, jako jsou virtuální stroje, úložiště, databáze a sítě. Kromě toho cloudové služby rozšiřují tradiční nabídku IT o pokročilé technologie, jako je internet věcí (IoT), strojové učení (ML) a umělá inteligence (AI). (Microsoft, © 2024)

Protože cloud computing využívá internet k poskytování těchto služeb, není omezen fyzickou infrastrukturou jako tradiční datová centra. To znamená, že pokud je potřeba rychle zvýšit IT infrastrukturu, není nutné čekat na vybudování nového datového centra. Cloud umožňuje rychlou expanzi IT kapacit dle aktuálních potřeb. (Microsoft, © 2024)

2.2.3 Big Data

Je několik různých definic pojmu Big Data. Jedna z definic říká, že big data jsou charakterizována různorodostí formátů, velkým objemem a rychlou změnou. Tyto vlastnosti zapříčiňují, že s nimi nelze efektivně pracovat pomocí tradičních databázových systémů. (Hendl, 2021)

Architektura velkých dat je navržena tak, aby zvládla příjem, zpracování a analýzu dat, která jsou příliš velká nebo komplexní pro tradiční databázové systémy. Míra, při které organizace začínají využívat velká data, závisí na schopnostech jejich uživatelů a dostupných nástrojích. Pro některé firmy to může znamenat zpracování stovek gigabajtů dat, zatímco pro jiné to může zahrnovat stovky terabajtů. S pokrokem nástrojů pro práci s velkými daty se také vyvíjí samotný pojem velkých dat. Čím dál více se tento termín zaměřuje na hodnotu, kterou lze získat z datových sad prostřednictvím pokročilé analýzy, spíše než na pouhou velikost těchto dat, i když v mnoha případech jsou tato data stále velmi rozsáhlá. (Microsoft, © 2024)

V průběhu let se prostředí práce s daty výrazně změnilo. Způsoby využívání dat a očekávání od nich se rovněž proměnily. Náklady na úložiště dramaticky klesly, zatímco metody sběru dat se stále rozšiřují. Některá data přicházejí vysokou rychlostí a vyžadují nepřetržitý sběr a monitorování. Jiná data se hromadí pomaleji, ale ve velmi velkých objemech, často zahrnujících mnoho let historických záznamů. Organizace mohou čelit výzvám souvisejícím s pokročilou analýzou nebo strojovým učením, které právě architektury velkých dat pomáhají řešit. (Microsoft, © 2024)

Podle Potančoka et al. (2020) představují Big Data pohled, jak jsou data zpracovávána a vychází z jiných principů než tradiční metody.

2.2.4 Umělá inteligence

Podle Achouch et al. (2022) je umělá inteligence (AI) klíčovým faktorem v přechodu na Průmysl 4.0. AI představuje mocnou technologii, která překonává omezení tradičních průmyslových technik a metod. Vznikla jako efektivní nástroj pro vytváření inteligentních prediktivních algoritmů pro různé aplikace. AI metody jsou schopny pracovat s multidimenzionálními daty, a dokáží odhalit skryté vztahy v těchto datech i v komplexních a dynamických prostředích. AI má silnou vazbu na Big Data, což ji činí ideální pro řešení kritických otázek, identifikaci slabín a osvětlení klíčových problémů, zejména během analýzy a zpracování Big Data.

2.2.5 Strojové učení

Podle Achouch et al. (2022) je strojové učení specifickým oborem umělé inteligence, který se rozvinul od rozpoznávání vzorů až po analýzu datových struktur a jejich začlenění do srozumitelných a reprodukovatelných modelů. ML se dělí na čtyři hlavní typy: učení s učitelem, učení bez učitele, posilované učení a hluboké učení. Učení s učitelem a bez učitele se používá k predikci nebo popisu stávajících vztahů v datech – učení s učitelem se využívá, když je závislá proměnná dostupná, a učení bez učitele, když závislá proměnná chybí. Posilované učení je přístup, který se učí na základě interakcí s prostředím, což zahrnuje rozhodování o tom, jaké akce by měly subjekty v systému provádět, aby maximalizovaly celkové odměny.

2.2.6 Rozšířená realita

Achouch et al. (2022) uvádí, že rozšířená realita (AR) je pokročilá technologie, která staví na základech virtuální reality (VR). AR vytváří trojrozměrné virtuální informace, jako jsou scény a objekty, pomocí počítačových systémů a tyto virtuální prvky pak promítá do reálného světa, čímž vylepšuje vnímání skutečného prostředí uživatelem. Na rozdíl od VR, AR nevyžaduje vytvoření celého virtuálního prostředí. Tato technologie je nasazována v různých výrobních procesech, jako je montáž a údržba, kde je zásadní dosáhnout vysoké kvality a minimální chybovosti pro splnění požadavků uživatelů a zajištění bezpečnosti. AR poskytuje operátorům interaktivní rozhraní, které zvyšuje jejich produktivitu, přesnost a nezávislost při práci.

2.3 Analýza ztrát

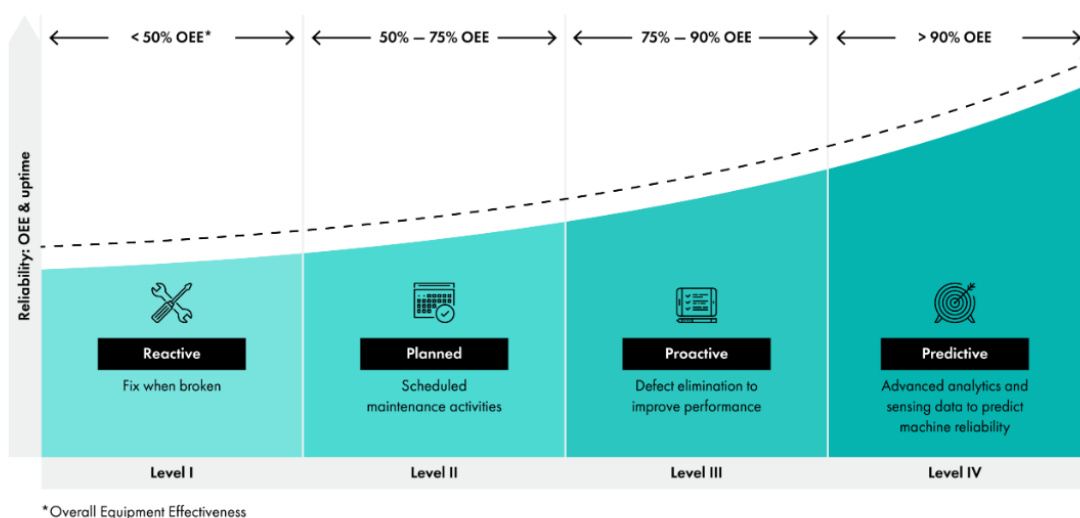
Mašín a Vytlačil, (2000) vybrali sedm důležitých nástrojů pro analýzu ztrát v údržbě a každý pracovník údržby by se měl zdokonalovat, jak s nástroji pracovat. Do sedmi nástrojů se zařazuje:

1. Analýza CEZ
2. Paretova analýza
3. Diagram příčin a následků
4. Strom poruch
5. 3xO analýza
6. FM analýza

7. Analýza spolehlivosti

2.3.1 Analýza celkové efektivnosti zařízení (CEZ)

CEZ, též známá pod anglickým názvem Overall Equipment Effectiveness (OEE), jedná se o standardní a základní parametr pro produktivní údržbu. Analýza CEZ pomáhá identifikovat nedostatky zařízení celkového procesu výroby. Pomocí kategorií CEZ lze identifikovat úzká místa výrobního systému z pohledu strojů. (Mašín a Vytlačil, 2000)



Obrázek 1 Výsledky OEE na základě typu údržby (dataart.com)

2.3.2 Paretova analýza

Mašín a Vytlačil, (2000) uvádějí, že tento nástroj identifikuje prioritní problémy. Paretův zákon říká, že 80 % jevu tvoří 20 % příčin. Tedy na základě dat se můžeme zaměřit jen na konkrétní nejproblematičtější příčiny, které stojí za 80 % daného jevu.

2.3.3 Diagram příčin a následků

Každá porucha má příčiny vzniku, pomocní diagramu lze sestrojít logické vazby mezi následkem a příčinou. Výsledkem analýzy je dojít k příčině dané poruchy. (Mašín a Vytlačil, 2000)

2.3.4 Strom poruch též jako Fault Tree Analysis (FTA)

Mašín a Vytlačil, (2000) uvádějí, že je nástroj vhodný pro provádění kvalitativní, ale i kvantitativní analýzy spolehlivosti systému. Tvorba stromu poruch vede k lepšímu pochopení konkrétního systému, který vede k detekci kritických poruch.

2.3.5 3xO analýza

Jedná se o analýzu poruch pomocí obrázku, proto 3xO jako 3x obrázek. Myšlenka spočívá v tom, že obrázek toho řekne více než verbální nebo písemný projev. Metoda umožňuje zapojit operátory do detekce poruch. (Mašín a Vytlačil, 2000)

2.3.6 FM analýza

Mašín a Vytlačil, (2000) uvádějí, že metoda FM analýzy odstraňuje nedostatky analýzy příčin a následků a zabývá se studií vlivu faktorů. Diagramy FM analýzy dokáží popsat příčiny bez úplného porozumění problému. FM je zkratka pro F jako fyzikální přístup a M jako mechanismus vlivu faktoru. FM analýza má daný postup, který je třeba dodržet. Cílem je identifikovat různé způsoby, jakými může zařízení selhat. Postup pro FM analýzu je následující:

1. Identifikovat komponenty.
2. Pro daný problém provést fyzikální analýzu.
3. Vydefinovat za jakých podmínek fenomén vzniká.
4. Určit faktory, které vytvářejí vznik vydefinovaných podmínek.
5. Vytvoření plánu pro studium a průzkum
6. Diagnostika specifických abnormalit
7. Vytvoření evidence nápravných opatření

2.3.7 Analýza spolehlivosti

Podle Mašina a Vytlačila (2000) lze pomocí matematicko-statistických metod stanovit spolehlivost a bezporuchovost strojů, což pomáhá určit nejvhodnější strategii údržby. Spolehlivost zařízení je vyjádřena jako funkce, která definuje pravděpodobnost, že stroj během určitého časového intervalu nezaznamená poruchu. Křivka spolehlivosti se může lišit pro různé typy poruch a měla by reflektovat postupný pokles pravděpodobnosti, že stroj zůstane bez poruchy. Každé poruše lze přidělit pravděpodobnostní rozdělení.

Mašín a Vystrčil (2000) kategorizují poruchy na předvídatelné, které se projevují postupným zhoršováním fyzikálních vlastností a odpovídají normálnímu rozdělení, a náhodné, které mohou sledovat exponenciální průběh nebo Poissonovo rozdělení.

Na základě dat se určí výběrové charakteristiky jako směrodatná odchylka, rozptyl, průměr a provede se analýza okrajových bodů. Poté se zvolí pravděpodobnostní rozdělení. (Mašín a Vystrčil, 2000)

3 ANALÝZA PORUCH

Seigzdait (2019) uvádí, že pokud budou podniky v jakémkoliv průmyslovém odvětví investovat do preventivní údržby a sledování poruch, tak můžou ušetřit až 12–18 % na nákladech údržby zařízení.

Dle Seigzdaita (2019) je klíčové pochopit data o poruchovosti pro úspěšné fungování preventivní údržby a je klíčové sledovat těchto 5 metrik, které pomohou snížit náklady a optimalizovat efektivitu.

3.1 Střední doba do obnovy také Mean Time To Repair (MTTR)

Jedná se o průměrnou dobu od zjištění poruchy na stroji až do úplného navrácení stroje do provozuschopnosti. Čas se skládá z potřebného času pro odstranění problému, testováním a skutečnou opravou. MTTR pro stroj se vypočítá jako celkový součet času co bylo zařízení mimo provoz a vydělí počtem všech poruch. V případě, že na zařízení proběhly 3 poruchy a celkový součet času kdy bylo zařízení mimo provoz byl 792 min tak MTTR pro zařízení je 264 min. (Seigzdait, 2019)

Seigzdait (2019) uvádí, že daná metrika je přínosem pro vedení údržby, která pomůže zodpovědět otázky, zda se vyplatí stroj opravit nebo rovnou vyměnit. Jak velkou si připravit zásobu náhradních dílů a kolik je potřeba osob k údržbě, aby zvládla pokrýt všechny čas, protože čím je zařízení starší, tím je MTTR delší.

3.2 Střední doba mezi poruchami také Mean Time Between Failure (MTBF)

Střední doba mezi poruchou je průměrný čas, který je určen z plánovaného pracovního času stroje a počtem vyskytnutých poruch stroje během plánovaného pracovního času. Pokud je pro daný stroj naplánováno odpracovat 120 h za týden a během dané doby se vyskytne 5 poruch, tak se MTBF vypočte jako $120/5$. Čímž vyjde, že se MTBF rovná 24 h. (Seigzdait, 2019)

Dále Seigzdait (2019) uvádí, že MTBF pomůže vedoucímu údržby zodpovědět otázky ohledně frekvence pro plánované údržby a kontroly. V případě kategorizace poruch může být daná metrika ještě více nápomocná.

3.3 Střední doba mezi selháním také Mean Time To Failure (MTTF)

Ačkoli MTTF a MTBF vypadají podobně, hlavní rozdíl je v aplikaci na typy poruch. MTTF se používá pro poruchy vyžadující výměnu dílu a měří průměrnou životnost dílů. (Seigzdait, 2019)

Seigzdait (2019) dále uvádí, že MTTF pomáhá odpovědět na otázky ohledně kvality používaných dílů, počtu požadovaných dílů a naplánování prostojů.

3.4 Procento plánované údržby také Planned maintenance percentage (PPC)

Jedná se o poměr mezi časem stráveným plánovanou údržbou a celkovým časem stráveným údržbou zařízení. Pro výpočet je použit následující vzorec: $(\text{plánovaná doba údržby} / \text{celková doba údržby}) \times 100$. PPC dokáže odpovědět na otázky, jaké stroje dosahují vysoké míry neplánovaných prostojů a zda je potřeba zlepšit systém plánované údržby. (Seigzdait, 2019)

3.5 Konzistence s plánovanou údržbou také Planned maintenance compliance (PMC)

Měřítko, jak je plněn plán plánované údržby. Pro výpočet je použit vzorec: $(\text{dokončené pracovní příkazy} / \text{celkový počet pracovních příkazů}) \times 100$. PMC je užitečná metrika, která pomáhá odpovědět na otázky, jak dobře plní personál zadané příkazy a může vést k otázkám, zda je personál dostatečně proškolen nebo zda je nedostatek lidských kapacit na plnění. (Seigzdait, 2019)

3.6 Šest křivek poruchovosti

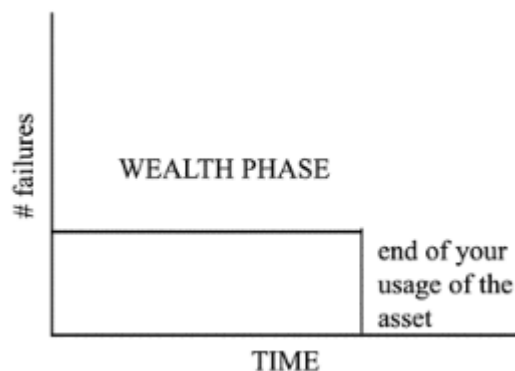
Všechny tyto křivky mají různé fáze. Pro společnosti je zásadní fáze nazývaná fáze využití nebo fáze bohatství. Během této fáze je aktivum intenzivně využíváno a generuje ekonomický zisk, což odůvodňuje její název. Obvykle je křivka v této fázi stabilní, s nízkou nebo předvídatelnou mírou selhání, případně obojím. (Levitt, 2011)

Další důležitou fází je fáze uvedení aktiva do provozu po jeho instalaci, známá také jako startovací nebo novorozenecká fáze. Problémy v této fázi často pramení z chyb projektových manažerů, designérů, montérů a výrobců strojů, avšak tyto problémy se rychle přenášejí na údržbové oddělení. (Levitt, 2011)

Poslední fází je fáze konce životnosti, také známá jako fáze selhání. To, co se v této fázi s aktivy děje, je často velmi důležité pro údržbová oddělení. Mnohé organizace se rozhodnou zařízení v této fázi vyměnit nebo vyřadit. (Levitt, 2011)

3.6.1 Náhodná

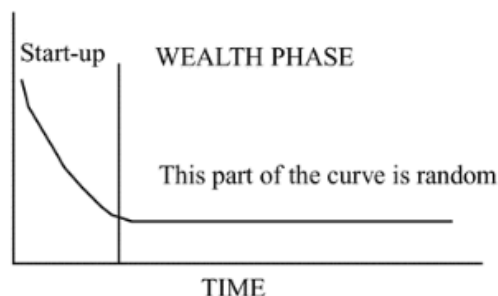
Podle Levitta (2011) je pravděpodobnost selhání v jakémkoli daném období konstantní (například pravděpodobnost selhání v 109. měsíci je stejná jako v 23. měsíci). Selhání mohou být výsledkem neobvyklých nebo náhodných událostí. Tento typ křivky je typický pro aktiva, která se neopotřebovávají tradičním způsobem, nebo pro ta, která jsou využívána po relativně krátkou dobu ve srovnání s jejich celkovou životností.



Obrázek 2 křivka náhodného rozdělení (Levitt, 2011)

3.6.2 Úmrtnost v raném stádiu

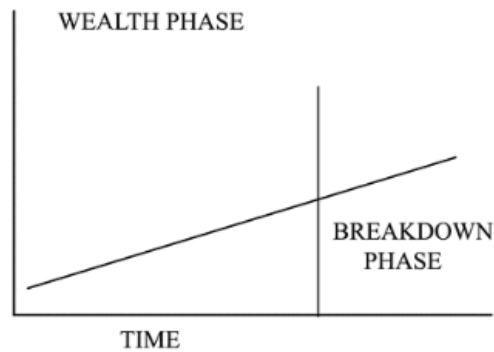
Podle Levitta (2011) pravděpodobnost selhání na začátku bývá vysoká, ale následně se snižuje na stabilní nebo náhodnou úroveň. Tento typ křivky je velmi častý.



Obrázek 3 křivka znázorňující úmrtnost v raném stádiu (Levitt, 2011)

3.6.3 Stoupající

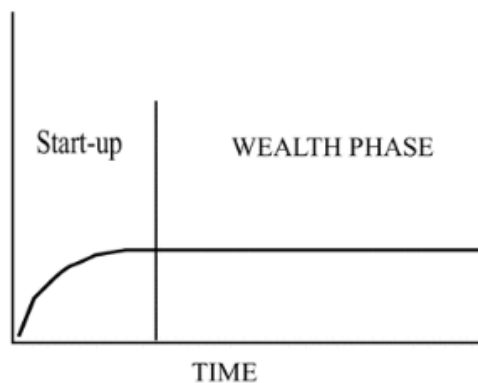
Podle Levitta (2011) se pravděpodobnost selhání postupně zvyšuje s časem nebo mírou používání, což je typické pro aktiva, které se přímo opotřebovávají. Graf této pravděpodobnosti nevykazuje dramatický nárůst v míře selhání. Odborníci, jako jsou inženýři nebo kvalifikovaní technici, rozhodují o optimálním čase pro výměnu.



Graf 2 křivka stoupajícího charakteru
(Levitt, 2011)

3.6.4 Rychle rostoucí následně stabilní

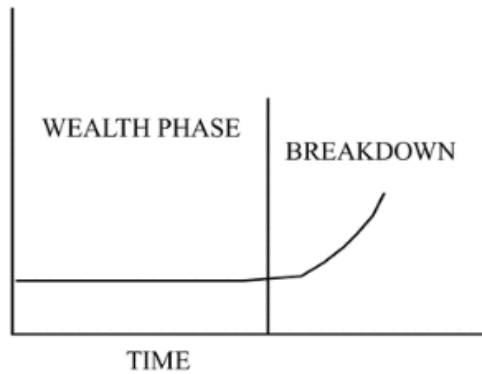
Podle Levitta (2011) se pravděpodobnost selhání nejprve rychle zvyšuje, ale poté dochází k její stabilizaci. Tento typ křivky je neobvyklý.



Graf 3 křivka rychle stoupající následně
stabilní (Levitt, 2011)

3.6.5 Konečná úmrtnost

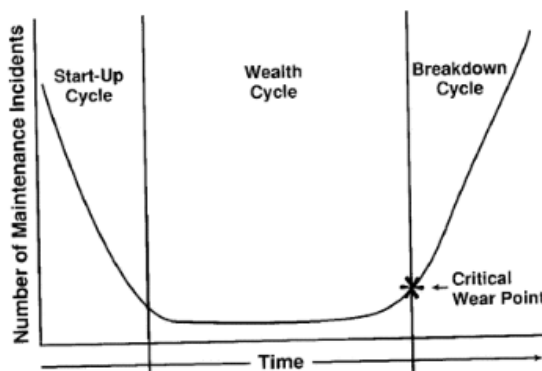
Podle Levitta (2011) zůstává pravděpodobnost selhání náhodná po většinu životního cyklu, ale na jeho konci prudce vzroste. Tento typ křivky je běžný



Graf 4 křivka znázorňující konečnou úmrtnost (Levitt, 2011)

3.6.6 Vana

Podle Levitta (2011) je křivka ve tvaru vany kombinací křivek vysoké úmrtnosti na začátku a na konci životního cyklu. Pravděpodobnost selhání je na začátku vysoká, poté se stabilizuje, a nakonec opět stoupá. Tento vzorec selhání je velmi běžný a je často jedinou křivkou uvedenou v mnoha publikacích o údržbě.



Graf 5 křivka znázorňující konečnou úmrtnost (Levitt, 2011)

4 MICROSOFT POWER PLATFORM

Umožňuje organizacím posílit své týmy, aby si sami vytvářeli řešení pomocí uživatelsky přívětivých nástrojů, které nevyžadají znalosti programování. Tyto nástroje zjednodušují proces vývoje řešení. S Power Platformou lze vytvářet aplikace v řádu dnů nebo týdnů místo tradičních měsíců či let. Microsoft Power Platform zahrnuje čtyři hlavní nástroje: Power Apps, Power Automate, Power BI a Power Pages. (Microsoft, © 2024)

4.1 Power Apps

Power Apps nabízí rychlé prostředí pro vývoj aplikací s minimální potřebou programování, což usnadňuje tvorbu aplikací přizpůsobených obchodním potřebám. Tento nástroj zahrnuje škálovatelnou datovou platformu Microsoft Dataverse a umožňuje přístup k datům z cloudu i lokálních zdrojů. Power Apps umožňuje vytvářet webové i mobilní aplikace, které jsou kompatibilní se všemi zařízeními. (Microsoft, © 2024)

Weston (2019) uvádí, že Power Apps se ukázali být velmi užitečné na nahrazení zastaralých papírových systémů.

Power Apps lze rozdělit na 2 druhy (Microsoft, © 2024):

4.1.1 Model-driven apps

Model-driven apps potřebují databázi Microsoft Dataverse. Tyto aplikace jsou vytvářeny na základě dat modelovaných v tomto databázovém prostředí. Pohledy a detailní obrazovky v aplikacích postavených na modelu jsou utvořeny podle datové struktury. To umožňuje uživatelům mít konzistentní vzhled a dojem z každé obrazovky, aniž by to vyžadovalo mnoho práce od tvůrce aplikace. Jejich využití je v řízení procesů. (Microsoft, © 2024)

4.1.2 Canvas apps

Canvas apps lze vytvářet i bez podpory databáze Microsoft Dataverse. K datům se připojují pomocí API konektorů. Vývojář má plnou kontrolu, jak aplikaci navrhne. (Microsoft, © 2024)

4.2 Power Automate

Power Automate je nástroj sloužící k automatizaci opakujících se procesů. Místo ztrácení produktivních hodin přípravou opakujících se e-mailů pro týdenní aktualizace nebo manuálních schvalovacích procesů může Power Automate poskytnout automatizaci

jak jednotlivým uživatelům, tak i pro podnikové procesy. V Power Automate lze provádět process maining a task maining. (Microsoft, © 2024)

4.2.1 Process maining

Process mining v Power Automate je navržen pro identifikaci neefektivní procesy. Umožňuje porozumět procesům prostřednictvím protokolů událostí získaných z aplikací. Power automate vytváří mapy procesů, doplněné daty a metrikami, které pomáhají rozpoznat výkonnostní problémy. Mezi příklady procesů vhodných pro process mining patří pohledávky a procesy od objednávky k platbě. (Microsoft, © 2024)

Dle Šperky (2019) hlavní myšlenkou process mainingu je monitorovat, vyhledávat, a zlepšovat informační procesy na základě logovacích souborů o událostech.

4.2.2 Task maining

Task maining v Power Automate se zaměřuje na zkoumání práce v desktopových počítačích. Umožňuje analyzovat desktopové úkoly identifikované během analýzy process miningu. Funkce monitoruje, jak lidé v organizaci zpracovávají své úkoly, prostřednictvím sledování uživatelských akcí a sběru dat z těchto akcí. Díky tomu společnost odhalí mezery v procesech a úkolech, které lze automatizovat. (Microsoft, © 2024)

4.3 Power BI

Power BI je nástroj pro obchodní analýzu, který poskytuje přehledy pro analýzu dat. Tyto přehledy lze sdílet pomocí datových vizualizací, které tvoří reporty a dashboardy, což umožňuje rychlá a informovaná rozhodnutí. Power BI obsahuje vestavěné funkce řízení a zabezpečení, což společně umožňuje zaměřit se na využívání dat místo jejich správy. (Microsoft, © 2024)

Dashboardy Power BI mohou potenciálně nahradit pravidelné schůzky zaměřené na vytváření přehledů o firemních metrikách, jako jsou prodejní údaje, pokrok v dosahování cílů nebo výkonu zaměstnanců. (Microsoft, © 2024)

4.4 Power Pages

Power Pages jsou navrženy pro vytváření webových stránek s minimální nebo žádnou znalostí programování. Hlavní výhodou Power Pages tvoří možnost čerpat data z databáze Microsoft Dataverse. (Microsoft, © 2024)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společnost Wicke CZ, s.r.o. je součástí rodinné skupiny Wicke Holding GmbH se sídlem v Německu. Skupina Wicke se specializuje na výrobu koleček všeho druhu, včetně poháněcích, opěrných a pojezdových kol pro vozíky až po vysoce zatěžovaná kolečka pro silniční stroje. (Wicke.com, 2023)

Wicke CZ, s.r.o. sídlí ve Slušovicích a její hlavní oblasti podnikání zahrnují obráběčství, zpracování gumárenských směsí a také malířství, lakýrnictví a natěračství. Díky své pozici v rámci Wicke Holding GmbH a dlouholeté odbornosti v oboru se Wicke CZ, s.r.o. podílí na komplexní výrobě kol a koleček s využitím pokročilých technologií a materiálů. (Wicke.com,2023)

Ve svém výrobním závodě ve Slušovicích se společnost zaměřuje zejména na výrobu vulkanizovaných elastických gumových kol o průměru až 950 mm a kompletně montovaných systémových komponentů pro těžké provozy. Díky této specializaci je Wicke CZ, s.r.o. klíčovým hráčem v rámci skupiny a významným dodavatelem kvalitních kol a koleček pro globální trh. (Wicke.com, 2023)



Obrázek 4 Logo Wicke (Wicke.com, 2023)

5.1 Historie skupiny Wicke a Wicke CZ, s.r.o.

Založení (1866): Historie skupiny Wicke začala v roce 1866, kdy Ferdinand Wicke otevřel v Barmenu stánek se zbožím. Brzy poté zahájil výrobu zážehových destiček a zapalovacích zařízení pro důlní lampy. (Wicke.com, 2023)

Nový majitel (1919): Společnost byla prodána Ottovi von Ragué, který ji nadále provozoval pod názvem Ferdinand Wicke. (Wicke.com, 2023)

Položení základu pro výrobu kol a koleček (1951): společnost poprvé vyrobila ráfek z lehkého kovu pro pneumatiky. (Wicke.com, 2023)

Globalizace (1970–1995): V 70. letech 20. století se společnost zaměřila na globální expanzi a inovace. Založila pobočky ve Francii, Velké Británii a dalších zemích. Český závod byl otevřen ve Zlíně v roce 1995 a zabýval se výrobou litých disků a výkovky pro komponenty zdvižných vozíků. (Wicke.com, 2023)

Moderní doba (2000 - současnost):

V roce 2013 byl závod ze Zlína přemístěn do Slušovicích, který se specializuje na vulkanizovaná elastická gumová kola a systémové komponenty pro těžké provozy. Společnost nyní působí globálně a má pobočky na čtyřech kontinentech. V Číně, kde působí od roku 1994, nyní zaměstnává přes 450 zaměstnanců. Dnes je Wicke jedním z předních světových výrobců přepravních řešení s více než 850 zaměstnanci. (Wicke.com, 2023)

5.2 Ekonomické ukazatele Wicke CZ, s.r.o.

Podle výroční zprávy z roku 2022 se společnosti po přesunutí v roce 2013 ze Zlína do Slušovic výrazně oživila výroba. Nicméně rok 2022 znamenal pro společnost velkou nestabilitu trhu. Na změně výsledků se podílely stoupající náklady za materiál, a hlavně nárůst ceny energií, také díky válečnému konfliktu na Ukrajině se promítl nedostatek agenturních pracovníků. I přes všechny překážky společnost zaznamenala efektivní nárůst tržeb. (Výroční zpráva, 2023)

Tabulka 2 ekonomické ukazatele Wicke CZ (vlastní zpracování)

Rok	tržby za vlastní výroby v mil. Kč	hospodářský výsledek v mil. Kč	počet zaměstnanců
2018	408	-1,177	100
2019	500	13,015	96
2020	388	1,558	98
2021	496	-8,204	95
2022	634	-7,521	96

Tržby za vlastní výroby:

Růst v letech 2018-2019: Tržby se výrazně zvýšily z 408 mil. Kč na 500 mil. Kč, což je pozitivní vývoj naznačující zvýšenou poptávku. (Účetní uzávěrka, 2020)

Tržby se v roce 2020 snížily na 388 mil. Kč, což je způsobeno pandemií COVID-19 a jejím omezením. (Účetní uzávěrka, 2021)

Tržby se v roce 2021 zotavily na 496 mil. Kč a v roce 2022 dále vzrostly na 634 mil. Kč. To naznačuje pozitivní vývoj. (Účetní uzávěrka, 2023)

5.3 Strojní park

Jak již bylo zmíněno, tak společnost se zabývá výrobou a pogumováním koleček do vozíků až po vysoce zátěžová zařízení.

K výrobě využívá obráběcí stroje, které má společnost rozdělené do několika workcenter:

Frézky A

- JOHNFORD SV 41
- H500 3
- MAZAK VTC 760C
- MCFV2
- H40 2
- MAZAK HCN 5000

Soustruhy A (SPR)

- 3x Stroj SPR 100

Soustruhy A (SPS)

- 12x SPS

Soustruhy B

- 3x S50 Rohm
- MAZAK QT 350MA
- GoodWay GLS 2800S
- 2xJOHNFORD

Firma pravidelně investuje do rozšiřování svého strojního parku. V roce 2022 byly zakoupeny dva stroje značky MAZAK: frézka HCN 500 a soustruh QT 350MA. V předchozím roce 2021 firma přikoupila stroj MAZAK VTC 760C a JOHNFORD SV 41. V roce 2019 se strojní park rozrostl o CNC H500. Tímto způsobem firma zajišťuje neustálou modernizaci svého vybavení a udržuje konkurenceschopnost na trhu.

6 ANALÝZA INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ VE SPOLEČNOSTI A JEJICH NÁVAZNOST NA PODPORU ÚDRŽBY

6.1 Informační systém SAP

Hlavním informačním systémem, který firma Wicke využívá pro řízení svých operací, je interně vyvinutý systém SAP, určený pro všechny společnosti ve skupině Wicke. Tento systém primárně slouží k evidenci zakázek, materiálu na skladě, objednávek, kusovníků a norem. V současné konfiguraci systém neobsahuje modul pro údržbu, a i kdyby obsahoval tak licenční omezení neumožňují export dat do externích systémů.

Vzhledem k omezením a postupnému zastarávání systému SAP, skupina Wicke aktuálně pracuje na vývoji nového hlavního interního informačního systému. Nedostatky stávajícího systému SAP si vynutily, aby společnost Wicke CZ integrovala další informační systémy pro podporu efektivního rozhodování. Mezi tyto systémy patří Q-LanYs, Cimco a Microsoft Power Platform, které pomáhají zlepšit flexibilitu a rozhodovací procesy v rámci společnosti.

Tabulka 3 Silné a slabé stránky SAP systému Wicke (vlastní zpracování)

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Systém je navržený specificky pro potřeby skupiny Wicke ➤ Systém pokrývá klíčové oblasti jako evidenci zakázek, materiálu na skladě, objednávek, kusovníků a norem 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Existují licenční omezení, která neumožňují export dat do externích systémů. ➤ Stávající systém je zastaralý ➤ Systém neobsahuje modul pro údržbu

6.2 Cimco MDC

Systém Cimco MDC ve společnosti funguje jako klíčový nástroj pro sběr dat a poskytuje informace v reálném čase, které jsou zobrazovány na halových monitorech. V rámci systému je šest stavů, které mohou být navoleny operátory to jsou: seřizování stroje, kontrola, čekání na seřízení, čekání na materiál, poruchy, a údržba.

Poté stavy, které systém díky impulzům stroje automaticky dopočítává. Jedná se o stavy: čas stroje v cyklu a čas potřebný pro výměnu.

Velká výhoda tohoto systému je poskytování aktuálních informací o stavu stroje během výroby, což umožňuje okamžité reagování na případné problémy a efektivní optimalizaci výrobních procesů. Informace jsou snadno dostupné jak prostřednictvím monitorů umístěných v halách, tak i na individuálních monitorech v kancelářích vedoucího personálu, což zvyšuje transparentnost celého výrobního systému.

Dále systém částečně automatizuje sběr dat, což usnadňuje kontinuální sledování a analýzu stavu výroby. Tato funkčnost přispívá k lepšímu plánování, minimalizaci doby prostojů a efektivnější reakci údržbového týmu.

Další výhodou je centralizované ukládání dat do databáze MySQL, která umožňuje snadný přístup k datům a jejich integraci do dalších systémů. V kontextu dat o poruchách systém zaznamenává doby, kdy je stroj mimo provoz z důvodu poruchy či údržby, což přispívá k rychlejší reakci údržbového týmu.

Z hlavních nevýhod tohoto systému je potřeba manuálního nastavování stavů strojů, což může vést k chybám v zápisu dat do databáze. Dále dopočítávání na základě impulsů není na příliš přesné. Největší rozdíl je patrný v automatickém počítání kusů strojem. Rozdíl mezi počtem kusů vykázaných lidmi a strojem dosahuje po srovnání 20 %. Ačkoliv jsou tato data stále používána pro monitorování a řízení, jejich nepřesnost může zkreslit výsledky analýz a ovlivnit rozhodovací procesy. Nicméně dané nepřesnosti jsou korigovány Power Platformou. Dalším problémem je náchylnost systému k technickým výpadkům, které mohou přerušit sběr dat. Přestože se zpravidla neprovádí úplné zastavení monitorování, přerušování sběru dat může vést k chybějícím záznamům, což omezuje celkovou kompletnost datové historie.

Tabulka 4 Silné a slabé stránky Cimco MDC (vlastní zpracování)

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Poskytování informací v reálném čase ➤ Částečná automatizace sběru dat ➤ Data jsou uložena v databázi MySQL a to usnadňuje použití v dalších systémech 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potřeba manuálního zadávání stavů ➤ Nepřesnost dopočítávaných dat ➤ Náchylnost k výpadkům

6.3 Q-LanYs

Společnost Wicke disponuje modulem pro preventivní údržbu od společnosti Q-LanYs. Informační systém primárně podporuje plánování a evidenci údržeb strojů a je také hlavním nástrojem pro podporu preventivní údržby.

Mezi hlavní využití tohoto systému patří evidence plánovaných údržeb na jednotlivých strojích a plánování budoucí údržby, což přispívá k provádění preventivní údržby. Dále systém umožňuje řízení skladů náhradních dílů a evidenci poruch.

Nevýhody systému zahrnují nedostatečnou možnost kategorizace poruch, kdy je systém sice i výrobcem nazýván jako podpora preventivní a prediktivní údržby, ale pro zaznamenání poruchy se nabízí pouze sloupec, kde se vypíše jen název, což omezuje jejich analýzu a využití funkcionality pro prediktivní údržbu. Další problém tohoto systému je, že nespolupracuje s dalšími informačními systémy, což si vyžaduje manuální záznam dat. Dalším problémem je přítomnost vedoucího údržby pouze na ranních směnách, který je pověřen zapisováním poruch. Tato skutečnost komplikuje přesné zaznamenávání poruch během směn odpoledních a nočních.

Tabulka 5 Silné a slabé stránky systému Q-LanYs (vlastní zpracování)

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none">➤ Podpora preventivní údržby➤ Řízení skladů náhradních dílů➤ Evidence poruch	<ul style="list-style-type: none">➤ Nedostatečná kategorizace poruch➤ Nespolupráce s ostatními systémy

6.4 Power Platforma

Důvodem zavedení Power Platformy do společnosti byla potřeba zpracovávat a analyzovat data sbíraná systémem Cimco. Jednou z hlavních výhod Power Platformy je možnost cloudového zpracování dat, což umožňuje jejich snadnější manipulaci. Společnost využívá nástroj Power BI pro analýzu dat z databáze. Mezi dashboardy zpracované v Power BI patří report celkové efektivity zařízení, report na porovnání skutečného odpracovaného času s normohodinami a report na analýzu seřizování a přetypování stroje.

Power Apps jsou využívány pro úpravy a rozšiřování datových záznamů v databázi, kde společnost využívá několik aplikací pro správu dat, na jejichž vývoji se autor částečně podílel. Aplikace zahrnují promítnutí dat z MySQL pomocí nástroje Power Query a umožňují opravy dat v případě chybných zadání. Další využívanou aplikací je plánování kapacit, které slouží pro týdenní vyhodnocení celkové efektivity zařízení (CEZ). K automatizaci tohoto procesu je používán nástroj Power Automate, který každý týden před nastavuje časový fond, jenž je poté možné dále upravovat pomocí aplikace vytvořené v Power Apps.

V současnosti není využívání Power Platformy společností pro zefektivnění údržby tak efektivní, jak by mohlo být. Jedním z hlavních důvodů je nedostatečná úroveň detailnosti dat o poruchovosti ze systému Cimco. Dalším problémem je nulová spolupráce se systémem Q-LanYs.

Tabulka 6 Silné a slabé stránky Power Platformy (vlastní zpracování)

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cloudové zpracování dat ➤ Pokročilé analytické nástroje ➤ Rozšiřování datových záznamů ➤ Automatizace procesu 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Závislá na jiných systémech ➤ V případě odpojení se zastaví automatická aktualizace dat

7 ÚDRŽBA VE SPOLEČNOSTI

Společnost podporuje proaktivní údržbu prostřednictvím plánování preventivních údržbových činností na základě doporučení výrobců zařízení a interních standardů. Společnost má jak klasickou opakovanou prevenci strojů, kterou provádí operátoři vždy 15 min před koncem směny, tak pokročilejší prevenci vedenou vedoucím údržby. Tato strategie zahrnuje pravidelné inspekce, údržbu a výměnu součástí, až po kompletní revize zařízení. Dále je řízení údržby podporováno informačním systémem Q-LanYs, který umožňuje plánování údržby, správu skladu náhradních dílů a evidenci poruch a oprav.

V rámci preventivní údržby se aktuálně s daty o poruchách zaznamenanými v systému Q-LanYs vůbec nepracuje.

Ve společnosti aktuálně není implementována prediktivní údržba, která by měla sloužit jako podpora pro preventivní údržbu. Také se ukazuje, že i data o poruchách, které společnost zaznamenává, nejsou využívána pro efektivní preventivní údržbu. Jeden z problémů spočívá v tom, že různé poruchy, způsobené rozdílnými faktory, jsou označovány stejným názvem. Proto je nezbytné nejprve zlepšit způsob zaznamenávání a kategorizace dat o poruchách. Zlepšení může sloužit jako podklad pro jaké stroje je výhodné zavést měřidla pro měření fyzikálních jevů jako teplota, vibrace, stav oleje, hluk, koroze.

7.1 Proces záznamu poruch

V rámci procesu záznamu poruch na strojním zařízení je operátor ten, kdo jako první zaznamenává vzniklé poruchy. Ten musí ihned kontaktovat údržbu a na displeji zařízení v systému Cimco navolit stav poruchy, čímž se ihned zaznamená do databáze MySQL a zobrazí na halových monitorech včetně monitorů vedoucích pracovníků. Poté co se o poruše dozví údržba, tak musí zhodnotit stav a navrhnout řešení na opravu. V případě jednoduché poruchy se navolí v systému Cimco stav údržby a závadu ihned začne odstraňovat. V případě závažné poruchy je stroj ponechán ve stavu poruchy a musí se zhodnotit nákladnost a rozsah opravy. V případě velmi závažné poruchy, kterou nedokáže odstranit údržba je třeba zařídit servisní tým daného modelu stroje.

Po dokončení údržby je informován vedoucí údržby, který poruchu zaznamená do systému Q-LanYs. V případě odpoledních a nočních směn se zaznamenání provádí až ráno, kvůli absenci vedoucího, který má jako jediný oprávnění do systému data zapisovat. Poté

se informace o poruchách v systému Q-LanYs každý týden předávají vedoucímu výroby, který data zpracovává do Excel reportu.

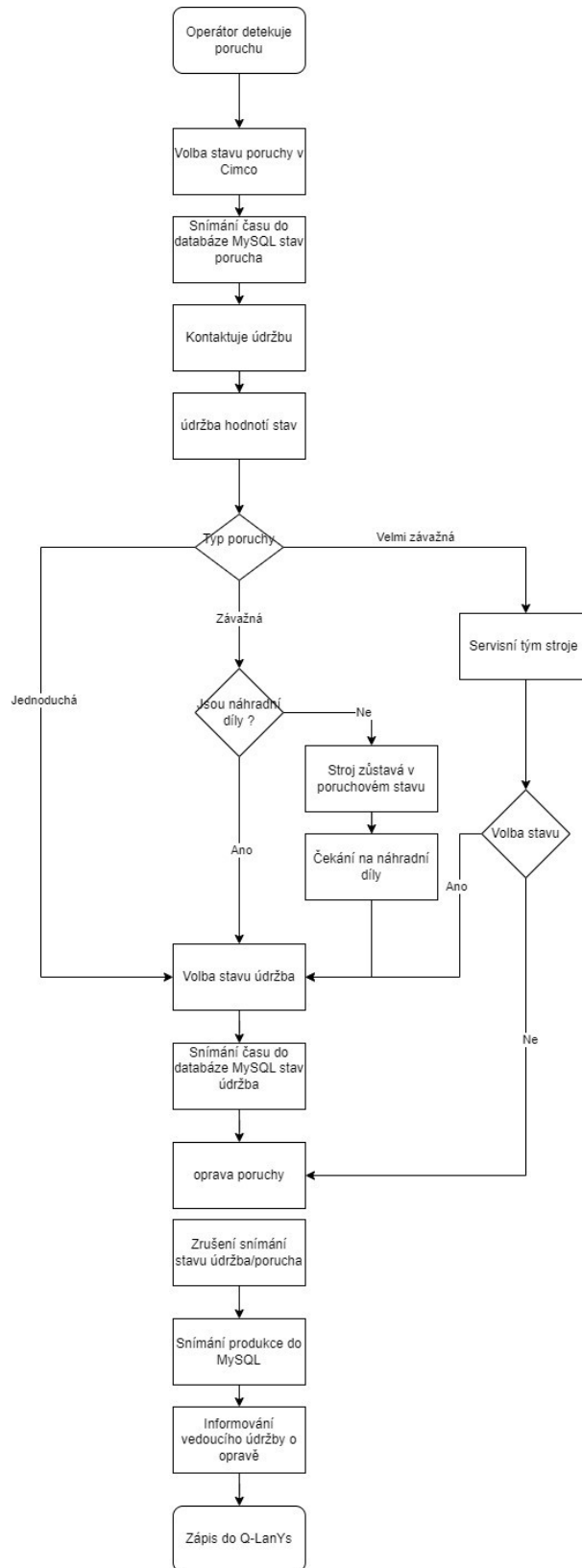


Diagram 2 Proces záznamu poruch (vlastní zpracování)

Na základě analýzy bylo zjištěno, že v procesu může docházet k několika problémům. Prvním problémem, který může vzniknout je, že operátor zapomene zvolit stav poruchy čím nedojde k záznamu do databáze a zaznamenání délky a poté musí vedoucí údržby pracně zjišťovat co se stalo. Dalším problémem je záměna stavu, kdy pracovníci omylem zvolí špatný stav poruchy v případě odpolední a noční směny kdy dochází k absenci vedoucího údržby, poté dochází k problému, že si vedoucí může myslet, že mu porucha nebyla nahlášena. Dále není přesně nastavený proces ve volbě stavů v případě návštěvy externího údržbářského týmu, který se nemůže ke stroji přihlásit, aby byla údržba zaznamenaná do vyhodnocení OEE.

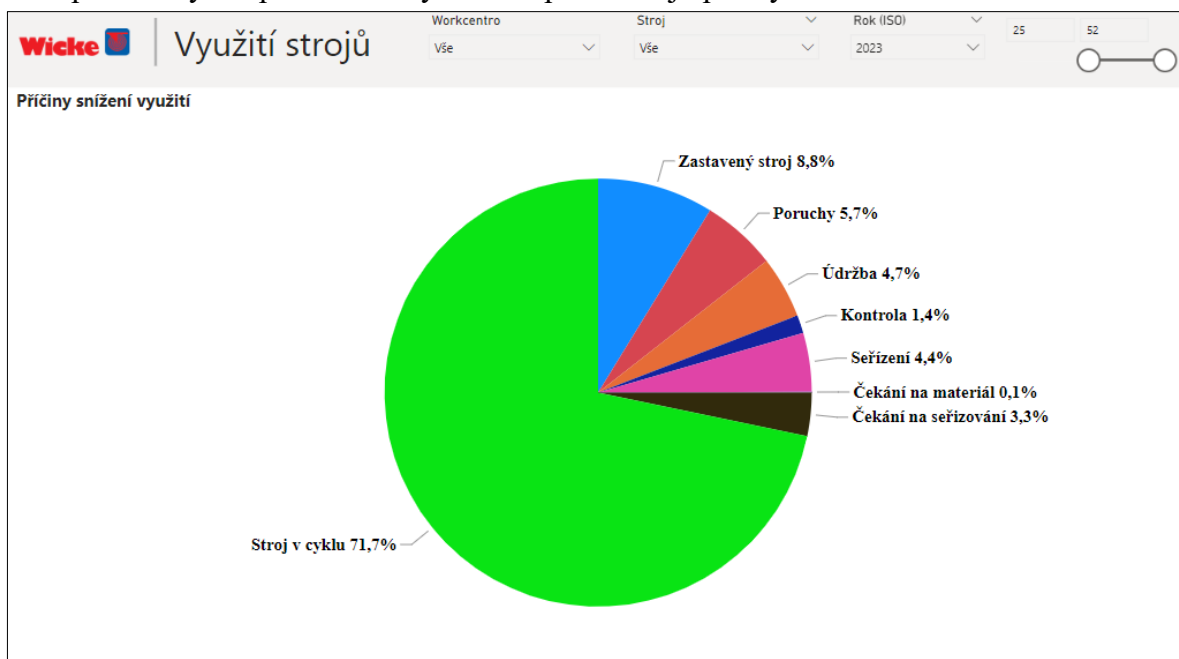
7.2 Vliv poruchovosti na celkovou efektivitu zařízení

CEZ zásadně ovlivňuje i poruchovost zařízení. Autor práce v rámci své odborné praxe vyvinul dashboard Power BI na vyhodnocení CEZ, který čerpá data z MySQL a dále zpracované v Power Query. Pro analýzu vlivu poruchovosti na CEZ budou použita data za posledních šesti měsíců roku 2023.

Graf 6 zobrazuje faktory ovlivňující využití pro 27 strojů. Můžeme vidět, že poruchovost a údržba spolu tvoří největší podíl činností, které způsobují zastavení stroje. Graf vychází z plánovaného času plánovači a přihlášených operátorů. Stoj v cyklu znázorňuje produkční čas v rámci naplánovaného času. Zastavený stroj znázorňuje čas, kdy nevíme, co se na daném zařízení dělo v naplánovaném času. Tato mezera vzniká z důvodu nepřihlášení pracovníka ke stroji. V rámci tohoto času mohl být stroj stále v produkci, ale nedošlo k zaznamenání. To samé platí i pro činnosti poruchy, údržby, kontroly, seřízení a čekání na materiál, seřizování.

S 10,4 % strojového času ztraceného kvůli údržbě a poruchám je zřejmé, že plánování a provádění údržby jsou kritické oblasti pro zvýšení CEZ.

Zlepšení sběru dat a analýza je zásadní pro optimalizaci plánovaných i neplánovaných údržbových činností. Cílené a efektivně řízené plánované údržby mohou snížit čas strávený na neplánovaných opravách a zvýšit dostupnost strojů pro výrobu.



Graf 6 Analýza snížení využití strojů (vlastní zpracování)

8 SBÍRANÁ DATA

Společnost data o poruchovosti shromažďuje do Q-lanYs na základě informací zaznamenanými údržbou a Cimcem. Pro návrhovou část je důležité zmapovat jaká všechna data systém Cimco shromažďuje, aby bylo možné zhodnotit stav a posoudit další využití.

8.1 Databáze MySQL

Jak bylo diskutováno v kapitole věnované systému Cimco, do databáze jsou data shromažďována poloautomaticky. V databázi jsou tyto informace rozděleny do tří tabulek. Vykazovaná data dle pracovníků, vykazovaná data dle zakázek a vykazovaná data seřizování. Autor nemá podrobnější znalosti o metodách třídění a zpracování dat ze systému do databáze vzhledem k firemnímu know-how. Pro analýzu poruchovosti jsou klíčové dvě tabulky, a to vykázaných dat dle pracovníku a vykázaných dat dle zakázek kde jsou součástí i data zaznamenávající, zda došlo k poruše.

Při sběru vykázaných dat dle pracovníků jsou informace strukturovány podle přihlášení a odhlášení operátorů, kde každý záznam v datovém souboru odpovídá jednomu přihlášení a odhlášení operátora z konkrétního stroje. Operátor se na začátku musí přihlásit pod svým id a vyplnit údaje o zakázce. V případě, že to neudělá, tak nemůže vykázat počet vyrobených kusů. Poté co dodělá práci, tak zadá počet vyrobených kusů a daná zakázka se uzavře. Občas se stává, že operátor zapomene vyplnit počet kusů a musí se dodatečně přihlásit a počet kusů doplnit, čímž v systému vzniká, že operátor měl produktivitu několik stovek procent.

Ve zpracování zakázkových dat jsou informace organizovány podle konkrétních výrobních zakázek a jednotlivých výrobků. Data jsou seskupována společně pro zakázku a zaznamenávají se i v případě, že není přihlášený operátor.

8.2 Zpracování dat v Power Query

Data uložená v MySQL databázi jsou konfigurovány do prostředí Fabric od Microsoftu, kde je k dalšímu zpracování využito nástroje Power Query. Tento nástroj hraje klíčovou roli v procesu očištění dat, během kterého probíhá několik operací potřebných k zajištění jejich kvality a přesnosti pro následné analýzy.

8.2.1 Vykázaná data dle pracovníků

Tabulka 7 Soubor sbíraných dat dle pracovníků (vlastní zpracování)

Data
id
portid
Stav
name
Operátor
Stroj
Číslo objednávky
Číslo artiklu
Číslo operace
OK kusy (ze stroje)
OK kusy (operátor)
NOK kusy (ze stroje)
NOK kusy (operátor)
Čas - stroj v cyklu
Čas - zastavený stroj
Čas - seřizování stroje
Čas - kontrola
Čas - čekání na seřízení
Čas - čekání na materiál
Čas - poruchy
Čas - údržba
Čas - vypnutý stroj
Párovací číslo
ID operace
Start
End

Data:

Id: Identifikační číslo (ID) v databázové tabulce slouží jako primární klíč, který jednoznačně identifikuje každý záznam. ID je typicky generováno automaticky databázovým systémem jako sekvence, aby byla zaručena jeho unikátnost a aby nedocházelo k chybám způsobeným manuálním zadáváním.

Portid: Slouží jako identifikační číslo stroje, které jednoznačně identifikuje každý stroj.

Stav: Indikuje dva možné stavy výkazu práce: opened a closed. Stav opened reprezentuje rozpracovaný výkaz, kde jsou zaznamenány pouze základní údaje jako Id výkazu, portid a čas přihlášení operátora. Po dokončení práce se stav změní na closed, což signalizuje,

že výkaz práce je kompletně vyplněn a uzavřen. Při přechodu do stavu closed jsou do výkazu doplněny i ostatní relevantní časy.

Name: Má pro všechny záznamy konstantní hodnotu, a to efektivita operátorů. Tato hodnota slouží k identifikaci, do jaké tabulky záznam patří, což usnadňuje další práci se záznamy.

Operátor: Obsahuje identifikační číslo (ID) operátora, které jednoznačně identifikuje každého operátora. Data jsou doplňována ručně operátory při přihlášení

Stroj: Pole Stroj v tabulce je vyplněno názvem stroje, který je automaticky doplněn na základě portid.

Číslo objednávky, artiklu a operace: Čísla zapisují operátoři při odhlášení ze stroje.

OK kusy (ze stroje): Na základě impulzů ze stroje jsou automaticky dopočítávány kusy systémem. Na základě analýzy dat bylo zjištěno, že odchylka od skutečnosti tvoří 20%

OK kusy (operátor): Při odhlášení operátora je zapsán počet vyrobených ks operátorem.

NOK kusy (ze stroje, operátor): aktuálně data nejsou zaznamenávána. Stroj data nedokáže zaznamenat a u operátorských výkazů je většina NOK kusů zjištěna až při finální kontrole.

Čas – stroj v cyklu: Čas, který je zaznamenávám automaticky systémem, když probíhá program výroby na strojích.

Čas – zastavený stroj: Čas, který je automaticky dopočítáván mezi časy stroje v cyklu.

Čas – seřizování stroje, kontrola, čekání, poruchy a údržby: Čas, který je zaznamenáván na základě stavu zvoleným pracovníkem. Je zaznamenána pouze délka od zvolení stavu po konec. Chybí zaznamenání začátku a konce daného stavu.

Čas – vypnutý stroj: Čas se automaticky dopočítává, pokud systém nezaznamenává žádnou jinou akci.

Párovací číslo: Jedná se o číslo, které je napárované na ID výrobních zakázek. Tvoří vazbu N:1 s tabulkou vykázaných dat dle zakázek. Kdy N záznamů pracovníků je navázáno na 1 záznam zakázky.

Start a End: Datum a čas začátku a konce přihlášení operátora.

Díky častějšímu přihlašování a odhlašování operátorů jsou data lépe sledovatelná. Existuje však zásadní problém: časy jsou zaznamenávány pouze jako délky trvání dané akce od startu do konce přihlášení operátora, což neumožňuje získat přesné informace o skutečném začátku poruchy. Toto omezení komplikuje přesné určení okamžiku vzniku poruch.

8.2.2 Vykázaná data dle zakázek

Tabulka 8 Soubor sbíraných dat dle zakázek (vlastní zpracování)

Data
id
Start zakázky
Konec zakázky
Datum
portid
Stav
Stroj
Číslo objednávky
Číslo artiklu
Číslo operace
Párovací číslo
ID_norma
OK kusy (ze stroje)
NOK kusy (ze stroje)
Trvání - Cyklus
Trvání - Zastaveno
Trvání - Seřizování
Trvání - Kontrola
Trvání - Čekání na seřizování
Trvání - Čekání na materiál
Trvání - Poruchy
Trvání - Údržba
Bez operátora - Cyklus
Bez operátora - Zastaveno
Bez operátora - Seřizování
Bez operátora - Kontrola
Bez operátora - Čekání na seřizování
Bez operátora - Čekání na materiál
Bez operátora - Poruchy
Bez operátora - Údržba

Data:

Budou zde popsána pouze data, která se liší od tabulky vykázaných dat dle pracovníků nebo jsou navíc.

Start, konec zakázky: Datum a čas zahájení a skončení dané zakázky.

Datum: Datum ukončení zakázky.

Párovací číslo: Ačkoli je párovací číslo i v operátorských datech, zde se jedná o vazbu 1: N
1 záznam zakázky obsahuje N záznamů pracovníků.

Trvání – Cyklus, zastaveno: Záznamy trvání ukládají kompletní informaci stroje jak s pracovníkem, tak bez pracovníka.

Bez operátora – Cyklus, zastaveno a další: Zaznamenané časy, kdy není přihlášený operátor. Také terminologie není správná, protože se jedná o jakéhokoliv přihlášeného pracovníka, a nejen o operátora.

Z tabulky lze vyčíst informace na jakých strojích byla porucha v případě, že nebyl přihlášen operátor. Nicméně data jsou sbírána i v případě kdy je stroj v poruše a není pracovní doba, pak vznikají značné nepřesnosti v případě, že se jedná o závažnější poruchy, kdy trvají opravy i několik týdnů, protože jsou zaznamenávána i data přes víkendy a jelikož dochází i k případům kdy se zapomenou operátoři přihlásit tak je poté těžké data zpětně dopočítávat.

8.3 Excel report

Excel report zaznamenává počet hodin nebo počet směn, které stroj odpracoval v jednotlivých dnech. Zároveň popisuje případy, kdy došlo k přerušení provozu stroje na dané směně. V případech technických poruch je v reportu specifikováno, o jaký typ poruchy se jednalo a jak dlouho trvalo její odstranění.

Daný vzorek reportu je rozdělen na dny od 19. června do 24. června podle pracovního týdne a zahrnuje několik strojů označených jako SPS 1, SPS 2, SPS 5 až SPS 8. Každý stroj má uveden počet směn, případně počet hodin, pokud nelze zapsat směny celým číslem, aby byl report srozumitelnější, které byly v daný den odpracovány.

Pro každý stroj a den jsou uvedeny i specifikace k přerušení práce, včetně trvání a důvodu poruchy. Například pro SPS 5 je na 19.6. uvedena sedmi minutová porucha kvůli selhání při otevření dveří a deseti minutová plánovaná údržba. Dále tabulka obsahuje informace o dalších poruchách, jako je selhání nástrojové hlavy nebo hydraulického motoru nástrojové hlavy, včetně jejich trvání a doprovodné údržby. Poruchy jsou do reportu přepisovány ručně ze systému Q-LanYs.

Tabulka 9 Excel report dle vytížení strojů (interní zdroj)

VYTÍŽENOST STROJŮ PRACOVNÍKY - 25KW						
Maschinen:	19.6.	20.6.	21.6.	22.6.	23.6.	24.6.
SPS 1	2	14h	2	2 (48min breakdown - tool head failure + 1min maintenance)	3	0
SPS 5	2 (7min breakdown - door opening failure + 10 min maintenance)	14h	2	16h	3	0
SPS 2	3	3	17h	2	1,5	0
SPS 10	22h	3 (11min breakdown - the spindle drum hit the support)	3	2	1,5	0
SPS 6	3	3	3	3	20h	0
SPS 7	3	3	20h	3	3	0
SPS 8	13h (10,6h breakdown - failure of the hydraulic motor of the tool head)	22h (11min breakdown - tool head failure + 45min maintenance)	18h (2,2h breakdown - tool head failure)	3	22h	0
SPS 9	3 (2min breakdown + 5min maintenance)	22h	20h (1min breakdown - tool head failure + 1h maintenance)	19,5h	20h	0

8.4 Q-LanYs data

Vzhledem k tomu, že se téma zabývá hlavně zaznamenáváním poruch, tak zde nebudou popisována data zabývající se skladovými zásobami náhradních dílů, evidenci strojů, evidenci plánovaných revizí a údržeb. Jak již bylo zmiňováno výše, tak do systému Q-LanYs se evidují poruchy ručním přepisem, a to na základě reportovaných dat od údržby. Na základě několika podkladů, jedním z hlavních podkladů mohou být data sbíraná Cimcem, ale jak bylo upozorněno, tak data ze Cimca nemusí obsahovat všechny zaznamenané poruchy a správné délky. Tudíž se všechny data musí kontrolovat. Zaznamenávaná data jsou téměř totožná jako v excel reportu, až na výjimku, kdy se v excel reportu musí daná porucha ještě rozdělit v případě, že začala směna počítaná do nového dne. Z dat je poté vedoucím údržby udělán export pro vedoucího výroby.

8.5 Analýza přesnosti sbíraných dat

Autor práce si pro ukázkou přesnosti sběru dat o poruchách vytvořil pomocí Power BI nástroj, který mu zobrazuje pro zvolené období a stroj data zaznamenaná systémem Cimco a ty porovnává s daty zaznamenané v excel reportu, které byly přepsány z Q-LanYs. Z tabulky 9 si lze všimnout, že pro stroj SPS8 v týdnu 25 bylo zaznamenáno několik poruch. 19. června byla zaznamenána porucha, která trvala 10,6h, 20. června porucha, která trvala 11 minut a 21. června porucha, která trvala 2,2h.

Tabulka 10 Poruchovost stroje SPS8 vykázaná Cimcem v 25. týdnu (vlastní zpracování)

Párovací číslo	Start	Čas - poruchy v minutách	Poruchy v hodinách
100344942269825218	19.6.2023 17:58:30	659,133	10,99
100344942269825283	22.6.2023 2:37:41	133,750	2,23
Celkem		792,883	13,21

Když se podíváme na zobrazená data v Power BI v tabulce 10 pro stroj SPS8, tak můžeme vidět, že zaznamenaná data o poruchách nejsou stejná.

Tabulka 11 Zaměření na poruchy stroje SPS8 (interní zdroj)

VYTIŽENOST STROJŮ PRACOVNÍKY - 25KW						
Maschinen:	19.6.	20.6.	21.6.	22.6.	23.6.	24.6.
SPS 1	2	14h	2	2 (48min breakdown - tool head failure + 1min maintenance)	3	0
SPS 5	2 (7min breakdown - door opening failure + 10 min maintenance)	14h	2	16h	3	0
SPS 2	3	3	17h	2	1,5	0
SPS 10	22h	3 (11min breakdown - the spindle drum hit the support)	3	2	1,5	0
SPS 6	3	3	3	3	20h	0
SPS 7	3	3	20h	3	3	0
SPS 8	13h (10,6h breakdown - failure of the hydraulic motor of the tool head)	22h (11min breakdown - tool head failure + 45min maintenance)	18h (2,2h breakdown - tool head failure)	3	22h	0
SPS 9	3 (2min breakdown + 5min maintenance)	22h	20h (1min breakdown - tool head failure + 1h maintenance)	19,5h	20h	0

Je třeba upozornit, že start v tabulce 10 neznamená start poruchy, ale dobu, kdy se změnil operátor nebo byla dokončena zakázka, která se musí vykázat. Můžeme si všimnout, že celková délka trvání poruch vykázaných Cimcem v tabulce 10 je za dané období 792,9 minut a v excel reportu tabulka 11 po přepočítání na minuty tvoří 779 minut. Dále si můžeme při porovnání všimnout, že v Power BI jsou poruchy evidovány pouze 19. června a 22. června, ale v excel reportu žádná porucha 22. června nevznikla. Daný problém vznikl kvůli noční směně, která trvá od 18 hodin až do 6h ráno. Porucha vznikla v daném rozmezí, a tak se počítá do data kdy začala směna. Také v Power BI jsou pouze dva záznamy oproti excelu, kde nalezneme 3. Problém může být způsoben, že byl stroj ve stavu poruchy ještě 11 minut po začátku ranní směny, která už se počítá do dalšího dne nebo k danému zaznamenání v systému vůbec nedošlo, také se popis poruch liší a není zřejmé, zda se jednalo o stejnou nebo jinou poruchu.

Na základě analýzy dochází k těmto problémům:

Nepřesnosti v zaznamenaných datech: Analýza ukázala rozdíly mezi daty zaznamenanými v systému Cimco a daty v Excel reportech přepsaných ze systému Q-LanYs. To poukazuje na existenci nepřesností, které mohou být způsobeny několika faktory, jako je manuální přepis dat, rozdílné časové úseky zaznamenávání nebo různé metodiky záznamu. Zjištěné rozdíly v časech zaznamenaných poruch ukazují, že systém Cimco nemusí správně zaznamenávat počátek a konec poruchy.

Konzistence dat: Nesrovnalosti mezi počty zaznamenaných poruch ve dvou různých systémech ukazují na potřebu zvýšení konzistence a standardizace v metodách sběru a zaznamenávání dat. Použití různých systémů a manuální přepisování může vést k významným odchylkám, které komplikují analýzu a rozhodování.

9 ZJIŠTĚNÉ NEDOSTATKY

- Systém Cimco není plně spolehlivý v kontextu zaznamenávání poruch. Systém je náchylný k chybám způsobeným lidským faktorem, které zahrnují například nesprávné určení stavu strojů, opomenutí nastavení stavu poruchy, a rozdíly v délkách poruch ve srovnání s daty získanými ze systému Q-LanYs a z excel reportu. Tyto nedostatky vedou k zaznamenávání nekvalitních dat. Díky tomu se nelze na systém plně spolehnout. V důsledku toho je nutné data kontrolovat před jejich zápisem do systému Q-LanYs. Velkým nedostatkem je, že systém nezaznamenává přesný čas vzniku poruchy, ale pouze její délku.
- Další zásadní problém systému spočívá v nedostatečném rozlišení mezi plánovanou a neplánovanou údržbou, což komplikuje určení času, který neplánovaná údržba zabere. Problémy, jako je zapomenutí přihlášení operátora, také přispívají k nekvalitě zaznamenaných dat.
- Systém Q-LanYs, přestože obsahuje funkce pro zaznamenávání poruch, v současné době funguje pouze jako nástroj pro obecnou evidenci,
- K vyhodnocování CEZ je na databázi MySQL nasazeno Power BI. Power BI by mohlo být efektivně využito k identifikaci strojů s nejčastějšími poruchami, je třeba vzít v úvahu, že data nejsou 100% přesná. Aktuálně systémy využívané v organizaci nedokážou efektivně analyzovat příčiny poruch ani predikovat možné budoucí selhání. Tato absence komplexní analýzy vede spíše k reaktivnímu, místo proaktivnímu přístupu k údržbě.
- Mezi zásadní chyby patří nestandardizace procesu zaznamenávání mezi ranní, odpolední a noční směnou, kdy přesné zaznamenávání informací probíhá pouze na ranní směně v přítomnosti vedoucího údržby, který může poruchu rovnou zapsat do systému Q-LanYs.
- Absence kódovníku poruch, v kapitole 9.3 je zmíněna sedmiminutová porucha na dveřích stroje SPS5. Z dostupných dat není jasné, co přesně způsobilo tuto poruchu. Možné příčiny mohou být způsobeny mechanickou závadou nebo chybou v systému stroje a podobně. Roztřídění poruch do kategorií by mělo přinést lepší pochopení opakovaných poruch a hlubší analýzu.

10 NÁVRHY

Na základě nalezených nedostatků je navrženo několik návrhů, které by mohli přispět k racionalizaci údržby:

- Implementovat propojení mezi systémem Cimco, Q-LanYs pomocí Power Platformy.
- Rozšířit systém Cimco o dodatečné stavy na plánované a neplánové údržby,
- Vytvoření nové databázové tabulky v MySQL
- Zlepšit metodologii zaznamenávání poruch pro všechny směny.
- Vytvořit kódovník poruch s podrobnější analýzou příčin.
- Využít Power BI pro analýzu poruch.
- Implementovat IoT senzory pro predikci poruch

10.1 Vytvoření kódovníku poruch

Bylo zjištěno, že společnost nedisponuje kódovníkem poruch, a proto se autor zaměřil na jeho návrh vytvoření.

Autor v rámci analýzy, vytvořil makra, které dokážou spojit všechny týdenní reporty do jednoho sešitu a vypsát všechny unikátní záznamy poruch. Na základě vytvořeného seznamu lze analyzovat jednotlivé poruchy a podle toho by vymezil několik kategorií do kterých poruchu lze zařadit.

Výsledkem by bylo vytvoření několika kategorií, které by se museli určit pro každou poruchu a po určení by byl vytvořen kód poruchy, který by se mohl zaznamenat do Q-LanYs. K určení kódu by byla vytvořena aplikace v Power App, která by usnadnila volbu kódu poruch. Díky vytvoření kódovníku by došlo ke sjednocení názvů, a tak by nedocházelo k vysoké variabilitě odlišných názvů pro stejnou poruchu.

Kódovník bude vytvořen ze záznamů v excel reportu, protože z Q-LanYs aktuálně není možné exportovat větší objem dat. Pro ukázkou jsou použita data v období jednoho týdne.

Pomocí makra v excelu se záznamy za jednotlivé týdny spojí do jednoho sešitu, zobrazeno v tabulce 12.

Tabulka 12 Ukázka dat po použití makra na přenesení záznamů (vlastní zpracování)

01.06.2023	02.06.2023	03.06.2023	04.06.2023	05.06.2023
			2 (48min breakdown - tool head failure + 1min maintenance)	
2 (7min breakdown - door opening failure + 10 min maintenance)				
	3 (11min breakdown - the spindle drum hit the support)			
13h (10,6h breakdown - failure of the hydraulic motor of the tool head)	22h (11min breakdown - tool head failure + 45min maintenance)	18h (2,2h breakdown - tool head failure)		
		20h (1min breakdown - tool head failure + 1h maintenance)		
		2 (13min breakdown - low oil level)	20,5h (15min breakdown - chuck repair + 1,2h maintenance)	
23h (40min breakdown - RCHM head rotation failure)	3 (17min breakdown - RCHM head rotation failure)			21h (2,3h breakdown - RCHM head rotation failure)
3 (11min breakdown - restarted + 6min maintenance)				
	9h (3h breakdown - sensor failure)	1 (5,2h breakdown - sensor failure)	7h (7,1h breakdown - sensor failure)	
0 (11h breakdown - sensor failure)	1,5 (1,3h breakdown - sensor failure)		10h (36min breakdown - stopping the revolutions during machining)	
3 (38min breakdown - primary spindle sensor)	22h (breakdown - lubrication failure)	3 (24min breakdown - cleaning the support of the B axis)	3 (20min breakdown - broken machining tool)	23h (34min breakdown - adjusting tool repair)

Dále se záznamy automaticky pomocí makra očistí od nepotřebných dat znázorněno v tabulce 13.

Tabulka 13 Ukázka dat po použití makra na očištění záznamů (vlastní zpracování)

01.06.2023	02.06.2023	03.06.2023	04.06.2023	05.06.2023
			(48min breakdown - tool head failure + 1min maintenance)	
7min breakdown - door opening failure + 10 min maintenance)				
	(11min breakdown - the spindle drum hit the support)			
10,6h breakdown - failure of the hydraulic motor of the tool head)	(11min breakdown - tool head failure + 45min maintenance)	(2,2h breakdown - tool head failure)		
		(1min breakdown - tool head failure + 1h maintenance)		
		(13min breakdown - low oil level)	(15min breakdown - chuck repair + 1,2h maintenance)	
40min breakdown - RCHM head rotation failure)	(17min breakdown - RCHM head rotation failure)			(2,3h breakdown - RCHM head rotation failure)
11min breakdown - restarted + 6min maintenance)				
	3h breakdown - sensor failure)	(5,2h breakdown - sensor failure)	(7,1h breakdown - sensor failure)	
11h breakdown - sensor failure)	(1,3h breakdown - sensor failure)		(36min breakdown - stopping the revolutions during machining)	
38min breakdown - primary spindle sensor)	(breakdown - lubrication failure)	(24min breakdown - cleaning the support of the B axis)	(20min breakdown - broken machining tool)	(34min breakdown - adjusting tool repair)

Po očištění se použije makro, které vyextrahuje všechny unikátní záznamy označené jako poruchu za dané časové období v tabulce 14.

Tabulka 14 Výpis jedinečných poruch (vlastní zpracování)

tool head failure
door opening failure
the spindle drum hit the support
failure of the hydraulic motor of the tool head
low oil level
chuck repair
RÖHM head rotation failure
restarted
sensor failure
stopping the revolutions during machining
primary spindle sensor
lubrication failure
cleaning the support of the B axis
broken machining tool
adjusting tool repair
adjustment

Můžeme vidět, že ačkoli se jedná pouze o poruchy způsobené v rozmezí jednoho týdne, tak jich je celkem 16. Dalším krokem bude roztřídění a vymezení, zda se nejedná v některých případech pouze o duplicitu.

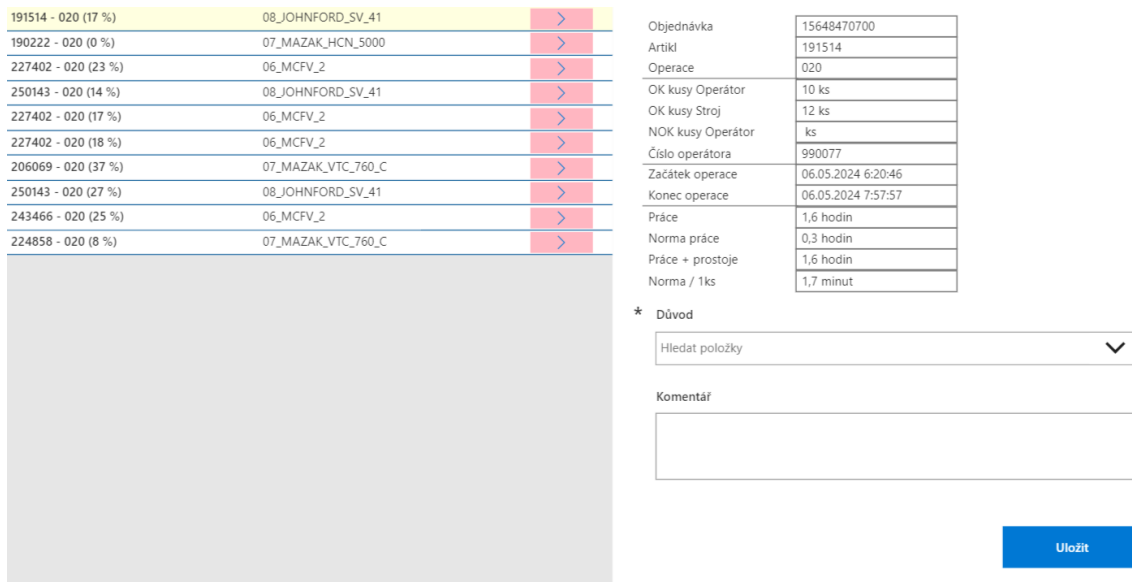
10.2 Vytvoření nové databázové tabulky v MySQL pro záznam poruch

Vzhledem k již existující tabulce, která sbírá záznamy ze seřízení pomocí Cimco se autor opírá o možnost, že by se dala vytvořit i tabulka sbírající přesnější data o poruchovosti strojů. Tabulka by zaznamenávala přesné informace začátku uvedení stroje do stavu poruchy a její konec.

10.3 Propojení pomocí Power Platformy

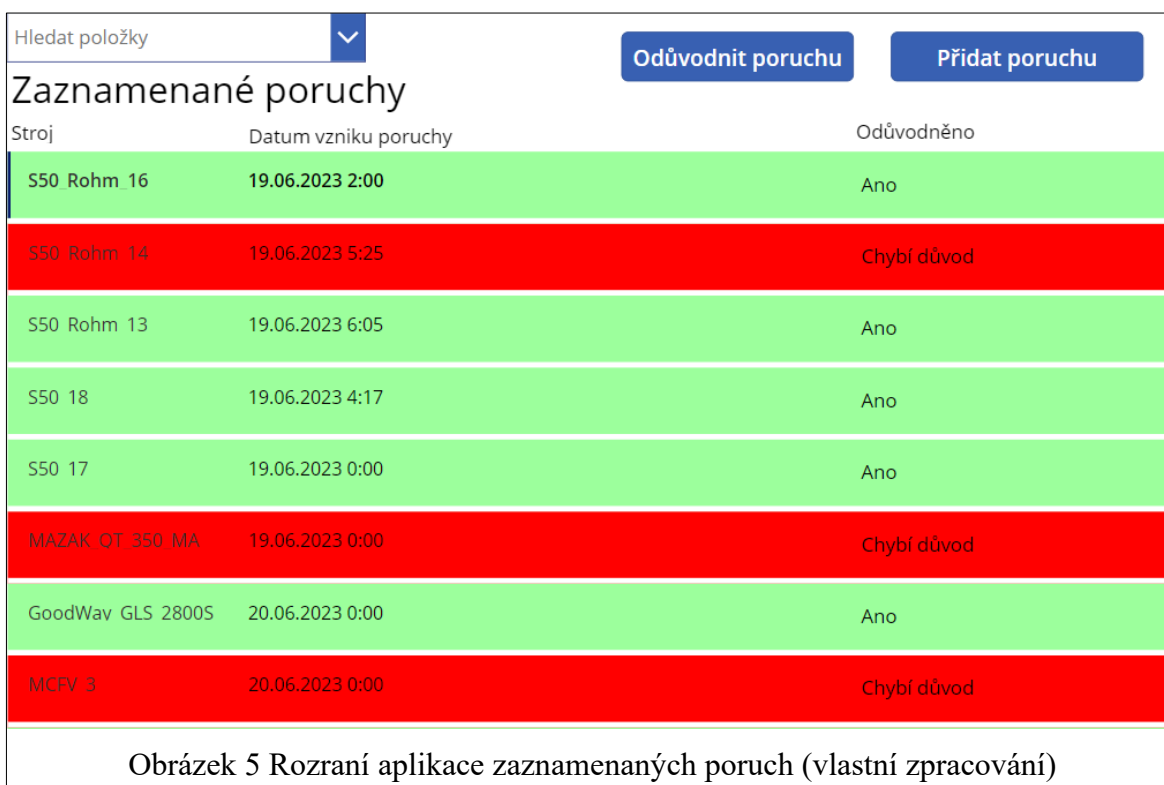
Současné omezení propojení systému Q-LanYs s dalšími informačními systémy vede k nutnosti manuálního přepisování dat, což je časově náročné a zvyšuje riziko chyb. V případě, že by se povedlo zavést Q-LanYs do online prostředí tak autor navrhuje využít Power Platformu, která má možnost vytvoření vlastních připojení na aplikace 3. stran a poté vytvořit rozhraní v Power Apps, které by propojilo jak Q-LanYs tak data z Cimca.

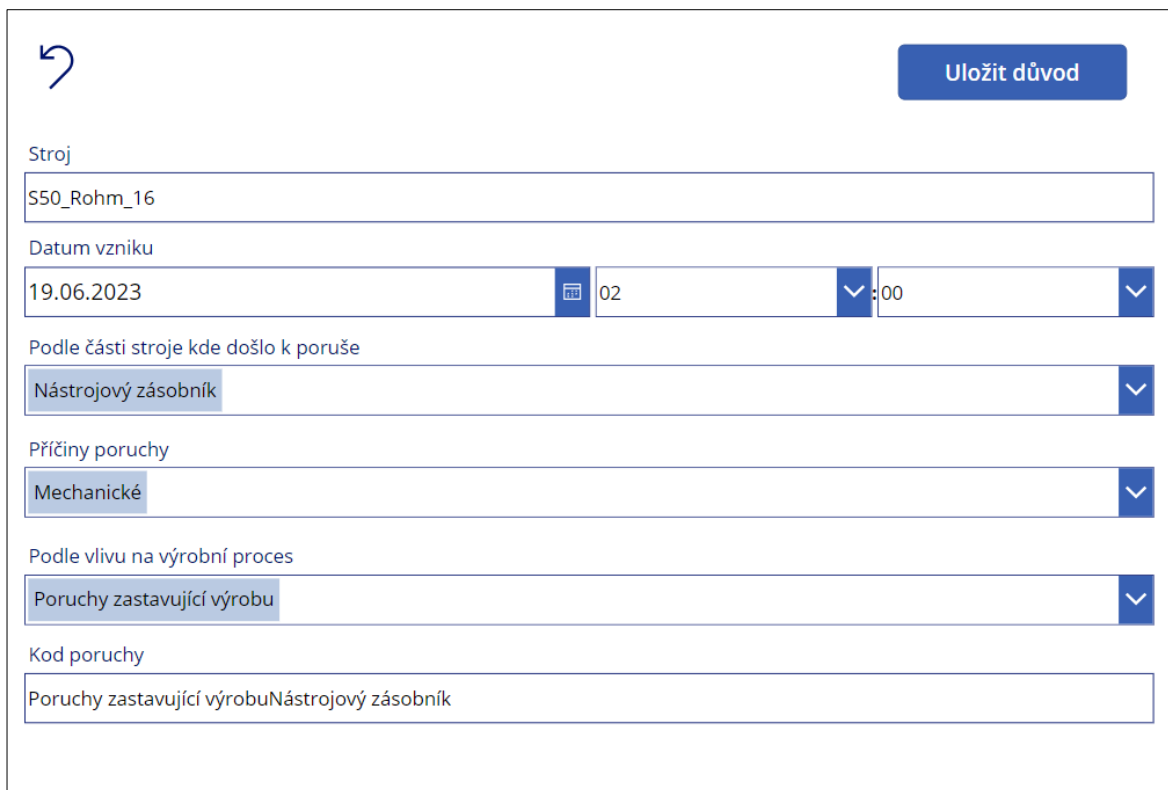
Poté co by se vytvořil kodovník poruch a nová databázová tabulka v MySQL pro poruchy, tak by byla vytvořena jednoduchá aplikace v Power Apps. Podobným způsobem jako je aplikace na obrázku 4.



Obrázek 4 Ukázka používané aplikace ve společnosti Wicke na úpravu operátorských dat v databázi MySQL (vlastní zpracování)

Aplikace by mohla mít podobné funkce jako jsou na obrázku 5 níže. Design by byl ještě vylepšen.





↶

Uložit důvod

Stroj
S50_Rohm_16

Datum vzniku
19.06.2023 02:00

Podle části stroje kde došlo k poruše
Nástrojový zásobník

Příčiny poruchy
Mechanické

Podle vlivu na výrobní proces
Poruchy zastavující výrobu

Kod poruchy
Poruchy zastavující výrobuNástrojový zásobník

Obrázek 6 Formulář na odůvodnění poruchy (vlastní zpracování)

Údržba by v aplikaci viděla seznam vypsaných poruch zaznamenaných systémem Cimco na obrázku 5 a po odstranění poruchy by musela vyplnit formulář znázorněný na obrázku 6. Po vyplnění by byl poruše přidělen kód. Zároveň by bylo možné v případě špatně zaznamenaných dat, data opravit.

10.4 Vytvoření dashboardu poruch Power BI

Na základě shromážděných dat a kategorizaci poruch by poté mohla být data analyzována v Power BI. Mezi klíčové KPI, které by mělo Power BI zobrazovat jsou MTTR, MTTF a MTBF. Na základě těchto KPI poté lze určit životnost daného zařízení, mít lepší přehled o počtu potřebných náhradních dílů a plánovat lépe údržby.

11 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

11.1 Kódovník poruch

Vytvoření kódovníků poruch má pro společnost vysoký přínos. Díky kategorizaci poruch dokáže společnost snadno měřit důležité KPI jako MTBF a MTTR.

Mezi pozitiva kódovníku patří:

- Zajišťuje jednotnost při zaznamenávání stejných poruch, a to zlepšuje analýzu.
- Dále jak bylo zmíněno je možné provádět podrobnější analýzy.
- Další výhodou kódovníku poruch je přesnější plánování preventivní údržbě

Mezi negativa kódovníku poruch patří:

- Náročnost na implementaci, udržitelnost. Je potřeba někdo, kdo se bude starat o aktualizace kodovníku v případě vyskytnutí nových poruch.
- V případě implementace jen samotného kódovníku bez aplikace Power Apss může být náročné vyhledávat kódy pro poruchy

Ekonomické zhodnocení:

Autor vytvořená makra na extrahování poruch vytvářel jeden pracovní den. V případě ohodnocení práce 450kč/h by vytvoření hrubého základu poruch vycházela na 3600 Kč. Dále by bylo nutné extrahované poruchy poskytnou vedoucímu údržby, aby poruchy zkoumal a roztrídil do kategorií, to může odhadem trvat pět pracovních dnů. Když budeme uvažovat sazbu 375 Kč/h tak celková cena za revizi je 15 000 Kč. Vytvoření kódovníku poruch by tedy celkem stálo 18 600 Kč

11.2 Vytvoření databázové tabulky v MySQL pro záznam poruch

Tento návrh bych považoval za poměrně zásadní a měl by být zařazen mezi první, které je třeba implementovat. Díky tomu společnost získá podrobnější informace o poruchách. Vytvoření nové tabulky, do které se budou zapisovat jen záznamy poruch, případně údržby, přináší poměrně velké výhody. I bez vytvořeného kódovníku by se dalo sledovat některé KPI, pro racionalizaci. Mezi další výhodou patří možnost napojit na databázi Power Platformu.

Mezi pozitiva vytvoření tabulky patří.

- Přesnější informace o poruchovosti zařízení, času výskytu.
- Lze na tabulce stavit další řešení, v Power Platformě.
- Společnost již má zkušenosti z rozšiřováním dat v rámci seřizovacích dat.

Mezi negativa patří:

- Mezi negativa patří, že může docházet k zapomínání volit stavy v systému Cimco, který data zaznamenává a tím dojde k absenci záznamu

Ekonomické zhodnocení:

Odhadem může návrh MySQL tabulky a ukládání dat do databáze přibližně trvat 5 pracovních dnů bude uvažována sazba 1 000 Kč/h. Celkově tedy cena vychází na 40 000 Kč.

11.3 Propojení systémů pomocí Power Platformy

Automatizace propojení mezi systémy pomocí Power Platformy by výrazně usnadnilo proces zaznamenávání poruch a zároveň zpřesnila zadávání dat. Na aplikaci by se dala stavit další řešení kolem údržbářských činností, které by automatizovaly proces. V rámci Power Platformy by se dalo třeba snadno vytvořit automatické upozornění údržbářů na směně v případě výskytu poruchy.

Mezi pozitiva propojení systému Power Platformou patří:

- Automatizace procesu zaznamenávání poruch do Q-Lanys.
- Lepší přehled o poruchách na strojích.
- Kategorizace poruch a přiřazení kódu podle kódovníku.
- Odstranění potřeby zadávat poruchu do Q-LanYs vedoucím údržby.
- Možnost mobilní aplikace, kterou by měl každý údržbář u sebe.

Mezi nevýhody patří:

- V případě nezavedení návrhu s vytvořením databázové tabulky v MySQL by byl návrh stavěn na nepřesných datech, protože by nebyla dostupná informace, kdy k poruše došlo.

- V případě, že by se na Q-LanYs nešlo napojit přes API, tak by se musela data z aplikace posílat přes Power Automate do excelu a z excelu je ručně přepsat do Q-LanYs
- Potřeba mít již hotový kódovník poruch
- V rámci používání Power Platformy je třeba platit za každého uživatele měsíční licence.

Ekonomické zhodnocení:

Celková pracnost návrhu aplikace bude uvažována na deset pracovních dnů. Autor práce samotný návrh měl vytvořený za 5 h, ale v případě ostrého návrhu by se muselo vyřešit propojení s Q-LanYs dále stabilita, práva uživatelů, zlepšení designu, propracovanější databáze. Dále bude uvažovaná cena za hodinu 1 000/h. Cena vývoje aplikace by tedy vyšla na 80 000 Kč

Dále by se výsledná cena odvíjela podle zavedení ostatních návrhů. V rámci Power Platformy je potřeba mít jít navržený kódovník poruch, takže je potřeba připočítat 18 600 Kč. Celková cena tedy jen s kódovníkem poruch vychází na 98 600 Kč

11.4 Vytvoření dashboardu poruch v Power BI

V případě zavedení z některých předchozích návrhů se nabízí data analyzovat v Power BI. Firma nástroj již efektivně využívá v rámci sledování výroby. Pokud by nedošlo k implementaci předchozích návrhů, tak by byla data náročná na analýzu.

Mezi pozitiva Power BI:

- Power BI dokáže vizualizovat klíčové KPI poruchovosti a snadno filtrovat data,
- Poměrně snadná integrace

Mezi nevýhody patří:

- Náchylnost na kvalitu dat
- Měsíční poplatky
- Potřeba zavést ve společnosti jedno z předchozích řešení pro kvalitní data.

Ekonomické zhodnocení:

Zkušení datoví analytici si účtují kolem 1 000 Kč/h, náročnost vytvoření Power BI dashboardu by mohla být odhadnuta na pět pracovních dnů. Cenově by tedy dashboard vycházel na 40 000 Kč. Dále se musí započítat cena řešení, které je třeba zavést před vytvořením reportu a ceny licence, která je 300 Kč/měsíčně. Roční cena licence je tedy 3 600 Kč. V případě řešení, kdy by byl vytvořen jen kódovník, který byl zhodnocen na 18 600 Kč jsme na ceně na celkové ceně 62 200 Kč.

Pokud by bylo Power BI nasazeno se všemi ostatními návrhy, tak se dostáváme na celkovou cenu:

Tabulka 15 Celková cena s kombinací všech návrhů (vlastní zpracování)

Návrh	Cena
Kódovník poruch	18 600 Kč
MySQL tabulka s poruchami	40 000 Kč
Power Platforma	80 000 Kč
PowerBI	40 000 Kč
Celkem	178 600 Kč

Pokud budeme uvažovat, že roční výdaje na údržbu jsou kolem 2 000 000 Kč a daný návrh by uspořil 12 % nákladů. Což činí 240 000 Kč, tak je doba investice do jednoho. V případě, že bychom uvažovali s návratností do dvou let, tak by daný návrh musel uspořit 4,5 % výdajů.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo analyzovat sběr dat poruch strojů a navrhnout řešení pro zefektivnění sběru dat. V rámci teoretické části bylo představeno několik KPI indikátorů poruch, které by přispěly při správném kategorizování poruch analyzovat a plánovat údržby na základě výsledků.

Autor v rámci analýz zjistil několik nedostatků a shledal, že zásadním nedostatkem je absence kategorizace poruch. Proto se snažil najít způsob, jak by mohl efektivně využít již aktuální zdroje pro kategorizaci.

Díky analýze systémů bylo shledáno, že společnost využívá pro analýzu výroby nástroje Power Platformy. Proto se snažil najít způsoby, jak tyto nástroje využít i v údržbě. Povedlo se mu navrhnout efektivní a levné řešení, které by umožnilo poruchy odůvodňovat a rozřazovat do kategorií. Autor si od toho návrhu slibuje lepší plánování plánovaných údržeb, snížení nákladů za náhradní díly a částečně prediktivní předcházení poruchám. Jak bylo uvedeno v teoretické části, tak kvalitní plánovaná údržba dokáže snížit náklady až o 12-18%.

Dále bylo zjištěno, že společnost disponuje systémem Cimco, který monitoruje provoz výrobních zařízení a uložená data ukládá do databáze MySQL. Po analýze dat bylo zjištěno, že společnost data rozřídí do operátorských, zakázkových a seřizovacích tabulek. V rámci operátorských a zakázkových dat sice jsou uloženy záznamy, že došlo k poruše, ale z dat lze zjistit pouze délku poruchy. Bylo by vhodné, aby se data ještě dodatečně třídila na poruchy a údržby, kde by se sledoval začátek i konec vzniku poruchy a údržby. Pro údržby by bylo vhodné ještě zavést dodatečné stavy na plánované, neplánované a rutinní prováděné operátory.

V bakalářské práci je možnost pokračovat implementací kódovníku poruch a zavedení aplikace na zaznamenávání poruch. V rámci toho by byl vytvořen dashboard, který by snímal důležité KPI poruchovosti, které byly představeny v teoretické části. Dalším směrem je zhodnocení, zda se vyplatí zavést prediktivní údržbu a IoT senzory na snímání fyzikálních veličin.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ACHOUCH, Mounia, Sasan SATTARPANAH KARGANROUDI, Hussein IBRAHIM, Mehdi ADDA, Mariya DIMITROVA et al. On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges. Applied Sciences [online]. 2022, roč. 12, č. 16, článek 8081. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app12168081> [cit. 2024-05-14].

BALACHANDRAN, Jaishankar. The Roadmap to Proactive Maintenance: Strategies for a Successful Preventive Program. Online. Maintwiz. [2024]. Dostupné z: https://www.maintwiz.com/blog/the-roadmap-to-proactive-maintenance-strategies-for-a-successful-preventive-program/#Introduction_to_Proactive_Maintenance [cit. 2024-05-14].

Co je reaktivní údržba? Online. Skyplanner. [2024]. Dostupné z: <https://skyplanner.ai/cs/zdroje/co-je-reaktivni-udrzba> [cit. 2024-05-14].

Corrective, Reactive, and Breakdown Maintenance: Navigating the Nuances. Online. Fractal. 2023. Dostupné z: <https://www.fractal.com/en/blog/corrective-reactive-and-breakdown-maintenance> [cit. 2024-05-14].

ČSN EN 13306: Údržba - Terminologie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. Dostupné z: <https://www.nlnorm.cz/terminologicky-slovník/118393> [cit. 2024-05-14].

FURCH, Jan, Tomas TURO, Zdenek KROBOT a Jiri STASTNY. Using Telemetry for Maintenance of Special Military Vehicles - Maintenance trends starting from the 1930s. ResearchGate [online]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Maintenance-trends-starting-from-the-1930s_fig1_323580141 [cit. 2024-05-14].

HENDL, Jan. Big data: Věda o datech – základy a aplikace. Grada, 2021. ISBN 978-80-271-3031-3. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/big-data-10604/>.

Improving Industrial Efficiency: Comprehensive Guide to Predictive Maintenance. Online. Dataart. 2023. Dostupné z: <https://www.dataart.com/blog/improving-industrial-efficiency-comprehensive-guide-to-predictive-maintenance> [cit. 2024-05-14].

LEGÁT, Václav. Management a inženýrství údržby. Druhé doplněné vydání. [Praha]: Kamil Mařík - Professional Publishing, 2016. ISBN 9788074311635.

LEVITT, Joel. Complete guide to preventive and predictive maintenance. 2nd ed. [New York]: Industrial Press, 2011. ISBN 9780831134419. Dostupné také z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCGPPME02/complete_guide_to_preventive_and_predictive_maintenance_2nd_edition.

MAŠÍN, Ivan a VYTLAČIL, Milan. TPM: management a praktické zavádění. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 8090223559.

MICROSOFT. Learn Microsoft. Online. 2023. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com> [cit. 2024-05-17].

POTANČOK, Martin; POUR, Jan a CHRAMOSTOVÁ, Veronika. Business analytika v praxi. Praha: Oeconomica, nakladatelství VŠE, 2020. ISBN 978-80-245-2382-8.

Preventivní údržba: Správně analyzujte získaná data. Online. 2016. Dostupné z: <https://www.vseoprmyslu.cz/udrzba-a-diaagnostika/asset-management/preventivni-udrzba-spravne-analyzujte-ziskana-data.html> [cit. 2024-05-17].

SAP. SAP. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.sap.com> [cit. 2024-05-17].

SAYED-MOUCHAWEH, Moamar; LUGHOFER, Edwin. Predictive Maintenance in Dynamic Systems: Advanced Methods, Decision Support Tools and Real-World Applications. Switzerland: Springer, 2019. ISBN 978-303005644-5.

SEGZDAITE, Edge. Failure Data Analysis in Maintenance (MTTR, PPC and more). Online. Dynaway. 2019. Dostupné z: <https://www.dynaway.com/blog/the-importance-of-maintenance-failure-metrics-as-kpis> [cit. 2024-05-14].

ŠPERKA, Roman. Informační podpora podnikových procesů. Jesenice: Ekopress, 2019. ISBN 978-80-87865-55-2.

WESTON, Matthew. Learn Microsoft PowerApps: build customized business applications without writing and any code. Birmingham: Packt, 2019. ISBN 978-1-78980-582-6.

Výroční zpráva Wicke CZ, s.r.o.[2020]. Online. 2022. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-detail?dokument=69364179&subjektId=574379&spis=703961> [cit. 2024-05-16].

Výroční zpráva Wicke CZ, s.r.o.[2022]. Online. 2023. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-detail?dokument=78253072&subjektId=574379&spis=703961> [cit. 2024-05-16].

Účetní uzávěrka Wicke CZ, s.r.o.[2021]. Online. 2023. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-detail?dokument=73166490&subjektId=574379&spis=703961> [cit. 2024-05-16].

ŽENÍŠEK, David, Michal ŠIMON, Josef BASL a Peter POOR. Údržba v Průmyslu 4.0 dnes. In: Průmyslové inženýrství 2019: Mezinárodní studentská vědecká konference: 3.-4. září 2019, Darová. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2019, s. 169-176. ISBN 978-80-261-0894-8 Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11025/35725> [cit. 2024-05-14].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CEZ - Celková efektivnost zařízení (Overall Equipment Effectiveness)

CBM - Údržba podle technického stavu (Condition Based Maintenance)

ERP - Enterprise Resource Planning

FTA - Analýza stromu poruch (Fault Tree Analysis)

IIoT - Průmyslový internet věcí (Industrial Internet of Things)

IoT - Internet věcí (Internet of Things)

KPI - Klíčové ukazatele výkonnosti (Key Performance Indicators)

ML - Strojové učení (Machine Learning)

MTBF - Střední doba mezi poruchami (Mean Time Between Failure)

MTTF - Střední doba mezi selháním (Mean Time To Failure)

MTTR - Střední doba do obnovy (Mean Time To Repair)

NOK - Nevyhovující kusy (Not OK)

OEE - Celková efektivnost zařízení (Overall Equipment Effectiveness)

PPC - Procento plánované údržby (Planned Maintenance Percentage)

PMC - Konzistence s plánovanou údržbou (Planned Maintenance Compliance)

SAP - Systém aplikací a produktů (Systems, Applications, and Products in Data Processing)

SW - Analýza silných a slabých stránek

VR – virtuální realita

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Výsledky OEE na základě typu údržby (dataart.com)	23
Obrázek 2 křivka náhodného rozdělení (Levitt, 2011)	28
Obrázek 3 křivka znázorňující úmrtnost v raném stádiu (Levitt, 2011)	28
Obrázek 4 Ukázka používané aplikace ve společnosti Wicke na úpravu operátorských dat v databázi MySQL (vlastní zpracování)	60
Obrázek 5 Rozraní aplikace zaznamenaných poruch (vlastní zpracování)	60
Obrázek 6 Formulář na odůvodnění poruchy (vlastní zpracování)	61

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vývoj údržby (Podle Ženíška et al., 2019).....	17
Tabulka 2 ekonomické ukazatele Wicke CZ (vlastní zpracování)	37
Tabulka 3 Silné a slabé stránky SAP systému Wicke (vlastní zpracování).....	39
Tabulka 4 Silné a slabé stránky Cimco MDC (vlastní zpracování).....	40
Tabulka 5 Silné a slabé stránky systému Q-LanYs (vlastní zpracování)	41
Tabulka 6 Silné a slabé stránky Power Platformy (vlastní zpracování)	42
Tabulka 7 Soubor sbíraných dat dle pracovníků (vlastní zpracování).....	48
Tabulka 8 Soubor sbíraných dat dle zakázek (vlastní zpracování).....	50
Tabulka 9 Excel report dle vytížení strojů (interní zdroj)	52
Tabulka 10 Poruchovost stroje SPS8 vykázaná Cimcem v 25. týdnu (vlastní zpracování)	53
Tabulka 11 Zaměření na poruchy stroje SPS8 (interní zdroj)	54
Tabulka 12 Ukázka dat po použití makra na přenesení záznamů (vlastní zpracování)	58
Tabulka 13 Ukázka dat po použití makra na očištění záznamů (vlastní zpracování).....	58
Tabulka 14 Výpis jedinečných poruch (vlastní zpracování)	59
Tabulka 15 Celková cena s kombinací všech návrhů (vlastní zpracování)	65

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Trendy v údržbě (J. Furch et al., 2018)	18
Graf 2 křivka stoupajícího charakteru (Levitt, 2011)	29
Graf 3 křivka rychle stoupající následně stabilní (Levitt, 2011)	29
Graf 4 křivka znázorňující konečnou úmrtnost (Levitt, 2011)	30
Graf 5 křivka znázorňující konečnou úmrtnost (Levitt, 2011)	30
Graf 6 Analýza snížení využití strojů (vlastní zpracování)	46

SEZNAM DIAGRAMŮ

Diagram 1 Dělení údržby dle legáta (Legát, 2016)	13
Diagram 2 Proces záznamu poruch (vlastní zpracování).....	44

