

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**Fakulta strojní**

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



**Diplomová práce**

**Údržba paletové dálnice**

*Pallet Highway Maintenance*

**Bc. Jindřich Schreiber**

Praha 2021

Vedoucí práce: Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Schreiber** Jméno: **Jindřich** Osobní číslo: **458432**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**  
Studijní program: **Výrobní inženýrství**  
Specializace: **Bez specializace**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Údržba paletové dálnice**

Název diplomové práce anglicky:

**Pallet Highway Maintenance**

Pokyny pro vypracování:

1. Popis funkcí paletové dálnice
2. Analýza současného stavu
3. Návrh zlepšení systémů údržby
4. Návrh řešení plynulosti paletové dálnice
5. Návrh systému centrálního mazání paletové dálnice

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **29.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Ing. Libor Beránek, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité zdroje (literaturu, projekty, SW atd.) v příloženém seznamu v souladu s metodickým pokynem č. 1/2009 O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne: .....

.....

Bc. Jindřich Schreiber

### **Poděkování**

Děkuji své rodině a přátelům za jejich nekonečnou podporu během celého mého studia. Děkuji všem pracovníkům podniku Procter & Gamble – Rakona za jejich pomoc a trpělivost během řešení mé práce. V neposlední řadě děkuji panu Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D. za jeho silnou podporu a vedení.

## **Abstrakt**

Moderní výrobní celky využívají možností automatizace k racionalizaci výrobních procesů. Automatizované stroje se potýkají s potřebou periodické údržby. Tato práce se zaměřuje na funkci zařízení pro převoz palet zvaného paletová dálnice a možností využití novodobých metodik a systémů údržby pro zvýšení její spolehlivosti. Součástí práce je popis systémů údržby a eliminace ztrát na zařízení a jejich využití na paletové dálnici. Z pohledu eliminace ztrát jsou popsána data o zastavení zařízení a je navržen a testován systém automatizace k eliminaci otáčení palet. Z pohledu autonomní údržby je využito kroků k návrhu optimalizací zavedených systémů. Pro plánovanou údržbu je navržen a popsán systém údržby po inspekci a práce obsahuje řešení semi-automatického obvodu mazání pro toto prostorné zařízení.

## **Klíčová slova**

paletová dálnice, údržba, autonomní údržba, plánovaná údržba, eliminace ztrát, mazání, automatizace,

## **Abstract**

Modern industries utilize automation to rationalize production processes. Automated machines face the need for periodic maintenance. This thesis focuses on the function of a equipment used for the transport of pallets called Pallet Highway and the possibility of using modern methodologies and maintenance systems to increase its reliability. Part of the thesis is a description of maintenance systems and systems for loss elimination and their use on this equipment. From the point of view of loss elimination, data on equipment stopping are analyzed and the use of automation systems to eliminate pallet rotation are designed and tested. For autonomous maintenance, steps are used to design the optimization of established systems. Planned maintenance system is designed and described in the form of maintenance after inspection, and the work includes a solution for a semi-automatic lubrication circuit for this spacious device.

## **Keywords**

Pallet Highway, maintenance, autonomous maintenance, planned maintenance, loss elimination, lubrication, automatisaton.

## Obsah

1. Úvod .....	6
2. Společnost Procter & Gamble - Rakona s.r.o. ....	8
3. Teoretické vymezení systémů údržby a omezení ztrát .....	9
3.1 Total Productive Maintenance (TPM).....	9
3.2 Autonomní údržba .....	10
3.2.1 Krok 0: Vzdělávání .....	13
3.2.2 Krok 1: Čištění.....	14
3.2.3 Krok 2: Zdroje znečištění .....	16
3.2.4 Krok 3: Standardy .....	17
3.2.5 Krok 4: Kontrola.....	18
3.2.6 Krok 5: AM Standardizace .....	19
3.2.7 Krok 6: Spolehlivost .....	20
3.2.8 Krok 7: Vedení .....	20
3.3 Plánovaná údržba.....	21
3.3.1 Údržba po poruše .....	22
3.3.2 Preventivní údržba.....	23
3.3.3 Prediktivní údržba.....	26
3.4 Metodiky pro odstraňování ztrát na zařízeních .....	27
3.4.1 Kaizen.....	27
3.4.2 PDCA .....	30
3.4.3 Diagram příčin a následků (Ishikawův diagram).....	32
3.4.4 5x Proč .....	33
3.4.5 Paretova analýza.....	36
4. Paletová dálnice .....	38
5. Návrhy a způsoby zavádění systémů do provozu paletové dálnice.....	46
5.1 Analýza stavu z pohledu eliminace ztrát .....	47
5.1.2 Nastavení a kontrola stopů na zařízení .....	49
5.1.3 Analýza zkoumaných stopů .....	51
5.1.4 Užití teoreticky definovaných prostředků pro nalezení příčin stanovených problémů .....	57
5.1.5 Řešení stanovených problémů .....	61
5.3 Analýza stavu systémů autonomní údržby .....	66
5.3.1 Návrhy zlepšení zavedených systémů .....	67

5.3.2	Návrh zavedení zlepšení systémů AM .....	73
5.4	Analýza stavu systémů plánované údržby .....	77
5.4.1	Návrhy zlepšení zavedených systémů .....	80
5.4.3	Možnosti využití prediktivní údržby .....	90
6.	Závěr .....	93
	Zdroje .....	96
	Seznam obrázků .....	99
	Seznam tabulek .....	100



# 1. Úvod

Automatizace je směr, kterým se v dnešní době dříve nebo později zaobírá většina středních a větších továren. Nese s sebou zjevné výhody, mezi ty nejprominentnější patří omezení chyb lidského faktoru, zvýšení objemu a metodická racionalizace procesu. Automatizace ovšem znamená i množství jiných případů, kterým je potřeba se v moderním podniku věnovat. Mezi takové problémy patří například vyšší kvalifikace technických pracovníků, dobře organizovaná struktura projektování a potřeba údržby stroje.

Právě údržba je pak nejproblematictější při nastavování procesu. Jelikož dochází k přirozenému i nucenému opotřebovávání automatizovaných zařízení, můžeme sledovat naopak ztrátu financí, jelikož zdroje namísto odstraněných lidských faktorů investujeme do často velmi nákladných náhradních dílů a času, kdy zařízení nemůže být v provozu. Stejnou měrou omezuje údržba provoz strojů a znamená tak v tzv. štíhlé výrobě drahocenné minuty využitelné k výrobě a zisku. Proto je velké úsilí všech výrobních procesů již od 70. let minulého století věnováno racionalizaci údržby a procesu odhalování chyb na zařízení.

Jedním z takových postupů je autonomní údržba. Jejím úkolem je vzít soubor činností, které je nutné provádět na stroji pro jeho optimální fungování, a snaží se je zoptimalizovat do bodu, kdy její provedení trvá pouhý zlomek původního předpokladu. Toho dosahuje využitím chytře definovaných kroků, které se systematicky zaměřují na jednotlivé body údržby, jako je vznik samotné kontaminace nebo identifikace prvků ke kontrole.

Další systém, kterého lze u těchto případů využít, je plánovaná údržba. Ta se na rozdíl od té autonomní věnuje především dlouhodobějším záležitostem, jejichž vliv není okamžitý či lehce rozpoznatelný, ale může vést ke zbytečným poruchám na zařízení. Snahou je naprosto eliminovat nečekaná zastavení na stroji vlivem poruchy součásti. Pro dosažení takového stavu lze využít několik postupů, které v této práci definuji a zhodnotím.

Ruku v ruce s odhalováním defektů jde nalezení jejich původní příčiny. I tato činnost má souvislost s údržbou. Velmi často se ukazuje vztah mezi nedostatečnou údržbou a vznikem poruchy na zařízení. Přestože je náprava daných chyb často jednoduchá, k předcházení jejich dalšímu vzniku se u komplexních automatizovaných systémů dostává obtížně. Proto existuje několik užitečných nástrojů pro jejich systematické nalézání.

Zařízení paletové dálnice je soubor dopravníků pro převoz palet z linek do skladu. Jako takové je odpovědí na potřeby racionalizace. Dálnice slouží nejen jako bezpečnostní prvek mezi lidmi a prací ve skladu, ale také jako přirozený „buffer“ (Prostor pro hromadění výrobků před další fází transportace) při jakýchkoliv nečekaných událostech v tomto posledním segmentu výroby. Stejně jako jakékoliv jiné strojní zařízení i toto vyžaduje údržbu. V této práci se budu věnovat možnostem nastavení a racionalizace systémů autonomní a plánované údržby pro dosažení optimálních podmínek i za předpokladu nadměrné velikosti zařízení a jeho velmi málo omezeného provozu. Zároveň využiji nástrojů pro odstraňování zastavení na zařízení pro definování a případné řešení některých problémů. Komplexně tak demonstřuji možnosti využití moderních postupů na zařízení s ohledem na daná úskalí.

## 2. Společnost Procter & Gamble - Rakona s.r.o.



Obrázek 1: Logo P&G.

Společnost Procter & Gamble byla založena v roce 1837, kdy britský výrobce svíček William Procter a irský výrobce mýdla James Gamble spojili své podnikání. Hlavní ingrediencí pro oba produkty byl živočišný tuk, který byl snadno dostupný na velkých jatkách v Cincinnati, městě původu společnosti. Mezi jeho rané výrobky patřilo mýdlo ze slonoviny, které bylo zavedeno v roce 1879, Tide jako první syntetický prací prostředek (1946), a Joy jako první tekutý syntetický prací prostředek (1949).

V následujících letech společnost rozšířila své produktové řady o zubní pasty, kávu, čaj a směsi na pečení. V dnešní době společnost Procter & Gamble prodává produkty v několika oblastech: zdraví a wellness (léky, ústní vody, zubní kartáčky a zubní pasty); péče o domácnost (čisticí prostředky, káva a občerstvení); hygienické a kosmetické prostředky (vůně, deodoranty, kosmetika, potřeby na holení a barvy vlasů); péče o dítě (pleny a kapesníky, čisticí prostředky a zvlhčovače) a péče o zvířata, včetně krmiv pro zvířata. [1]

Továrna v Rakovníku započala svoji činnost v 19. století, kdy jí založil továrník František Otta. Byla jedním z největších výrobců přípravků na mytí nádobí a prádla v tehdejší Československu. V roce 1949 došlo ke znárodnění podniku, který tak získal název Rakona. Podnik byl v rámci



Obrázek 2: Pohled shora na výrobní závod Rakona.

rozvoje typického na tu dobu rozšířen během následujících několika let o několik výrobních celků a při největší produkci jako národní podnik Rakona v 80. letech 20. století vyráběla továrna přes polovinu celkové spotřeby pracích prášků v Československu. [2]

V dnešní době je továrna jako součást společnosti Procter & Gamble výrobcem několika výrobků z jejího sortimentu a je označována jako jedna z 9. nejmodernějších továren z pohledu automatizace a výrobních procesů. Právě pro její technickou vyspělost je továrna také sídlem technického rozvoje zabývajících se automatizací a inovací pro podniky na celém světě. [3]

### 3. Teoretické vymezení systémů údržby a omezení ztrát

Největším problémem moderních továren je dodržení časového limitu potřebného k expedici dostatečného množství výrobků a tím tak zajištěním potřebného zisku. Takový limit je lehce určitelný před výrobou, nicméně během výroby je značně ovlivněn nepředpokládanými poruchami na zařízeních. Přestože se tyto poruchy dají časově předpokládat, je v zájmu každého podniku tyto tzv. prostoje u strojních zařízení co nejvíce eliminovat. Dané problémy lze řešit několika způsoby, z nichž nejčastěji zmiňované jsou údržba po poruše vycházející z analýz ztrát a plánovaná údržba. [4][5][6]

Údržba je nedílnou částí každého moderního podniku, jelikož průkazně snižuje poškození zařízení, a ve výsledku tak šetří zdroje pro výrobu. Je důležité, aby byla prováděna kvalitně a efektivně, tedy co nejlépe, v co nejkratším čase. Údržbu definuje literatura:

Podle ČSN EN 13 306[7] je údržba definována takto:

*"Údržba je kombinace všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci."*

Podle [8]:

*„Údržba je o navrácení zařízení do optimálních pracovních podmínek.“*

#### 3.1 Total Productive Maintenance (TPM)

Česky celková produktivní údržba je princip používaný v tzv. LEAN manufacturingu, neboli tzv. štíhlé výrobě. Hlavní filozofií tohoto směru je snížení odpadu ve všech ohledech výroby, ať už se jedná o snížení odpadu vzniklého z výroby, tak ekonomických ztrát vzniklých poruchami na zařízení. Těmto poruchám se věnuje část TPM, která byla původně navržena dceřinou společností firmy Toyota v 50. letech minulého století. Její praktické rozšíření je viditelné v 70. letech v Japonsku a ve Spojených státech amerických. [9][10]

Tato metodika se následně dělí na jednotlivé pilíře [8], které budu v určitém rozsahu probírat v následujících kapitolách:

1. Pilíř: Autonomní údržba
2. Pilíř: Kaizen

3. Pilíř: Plánovaná údržba
4. Pilíř: Údržba kvality
5. Pilíř: Trénink a vývoj
6. Pilíř: Design a Prevence údržby
7. Pilíř: Zlepšování procesů
8. Pilíř: Bezpečnost, zdraví a prostředí

### 3.2 Autonomní údržba

Autonomní údržba (dále také AM) je prvním z pěti programů údržby definovaných v TPM. V jeho středu sedí vlastnictví strojních zařízení. Základním prvkem je přirozená vazba pracovníka k zařízení, který je nejen více vedený ke kvalitnímu provádění údržby, ale zároveň má větší šanci na odhalení abnormálního chování stroje. [8][11]

Často je definována jako souhrn několika dílčích činností, jejichž provádění je periodické a z pravidla méně náročné. Tyto činnosti zahrnují čištění, mazání, seřizování (utahování upevňujících prvků, kontrola nastavených parametrů) a kontrolu. Vytvoření programu AM znamená integrace pracovníků do aktivního partnerství s oddělením údržby, bezpečnosti a ergonomie [10]. Práce [13] věnující se implementaci autonomní údržby se vyjadřuje takto:

*„Účelem autonomní údržby je minimalizovat náklady na údržbu a náklady na prostoje při dané kvalitě výroby při současném splnění bezpečnostních požadavků.“*

Podle zdroje [11] lze účel programu rozdělit na tři části:

1. Spojit pracovníka se strojním zařízením a integrovat ho tak do provozu při následování společného cíle – zlepšování celkové spolehlivosti provozu. Vytváří tím tak lepší pracovní podmínky pro zařízení i pracovníky údržby či procesní inženýry, kteří v dnešních podnicích nemají na dané činnosti zdroje.
2. Zajistit vysokou úroveň znalosti zařízení u vlastníka, který by měl být schopný identifikovat problém na zařízení a v ideálním případě včas zamezit jeho vytvoření správným zacházením.
3. Připravit pracovníka na zapojení jako součást celkového zlepšování efektivity strojů pomocí vytváření a zlepšování zavedených procesů údržby na zařízení.

Práce [13] definuje efektivní způsob implementace autonomní údržby do provozu pomocí rozdělení práce potřebné k zavedení do malých skupinových aktivit. Ty jsou potom rozděleny mezi tři definované skupiny:

1. manažerská skupina,
2. inženýrská skupina,
3. produkční skupina.

**Manažerská skupina** se věnuje veškeré práci s lidmi uvnitř podniku. V popředí jejich úkolů je definování tzv. master plánu („*Organizovaný soubor rozhodnutí jedné osoby nebo týmu lidí o tom, jak něco v budoucnu udělat.*“ [12]). Další podstatné úkony jsou definování, vzdělávání a vytváření celkového prostředí pro implementaci. Nadšení a jasná představa o výhodách AM výrazně snižují odpor pracovníků k vykonávání definovaných aktivit.

**Další dvě skupiny** (inženýrská skupina, produkční skupina) se zaměřují na své oblasti ve vztahu k autonomní údržbě, a to zejména z pohledu jasného definování problémů na zařízení, které by se mohly adresovat pomocí AM. Jejich funkcí je také samotná implementace principů nastavených manažerskou skupinou do praktického provozu. Jedním z užitých nástrojů byla součástí Kaizenu, zvaná 5S. [13]

5S, také známý jako organizace pracoviště, je důležitým postupem. Pro některé autory je součástí autonomní údržby. 5S je klíčovým prvkem spolehlivosti řízené operátorem a základem TPM. Toto označení vzniká z japonské procedury orientující se na pět bodů pro eliminaci ztrát. Jejím cílem je zaručit co největší čistotu a standardizaci postupů v celé společnosti. [8]

Prakticky dělí TPM tento způsob údržby na osm kroků, které se provádějí postupně ve třech etapách. Každá tato etapa končí auditem, který by měl uzavřít zavedené postupy autonomní údržby vzniklé v každé z osmi částí. Důležité je také zajišťování vzdělávání pracovníků o zavedených standardech a eventuální opakování všech kroků na zařízení v návaznosti na změnu ve světových trendech či podnikových standardech. [8][10][11]



Obrázek 3: Schéma rozdělení Autonomní údržby podle zdroje. [11]

Na obr. 3 je viditelné schéma rozdělení jednotlivých kroků i s rozdělením do částí. Zdroj ovšem neuvedl krok 0, který se často v literatuře neuvádí [8][10][11], ale je nedílnou součástí cyklu AM. Článek následně popisuje jednotlivé části autonomní údržby následovně:

V krocích 0 až 3 dosáhneme nastavení operačních standardů údržby a kontroly a zajistíme základní podmínky pro práci stroje. Základem je zlepšení prostředí, ve kterém zařízení operuje. Na konci této části bychom měli mít odstraněnou většinu příčin poruch a výchozí stav procesů čištění, kontroly a mazání.

Krok 4 a 5 se zaměřuje na činnosti spojené s odhalováním abnormalit na zařízení. „Jejich cílem je zajistit odhalení abnormalit ještě před vznikem poruchy a rychlé odstranění.“ Na konci těchto kroků se nastaví jednotlivé standardy, které by měly v budoucnu odhalit, kdy se jedná o nedostatečnou autonomní údržbu, a kdy je třeba údržbářský zásah.

Krok 6 a 7 slouží k zavedení jasných a přenositelných pravidel pro práci na zařízeních s ohledem na autonomní údržbu stejně tak jako získávání a předávání znalostí o funkci a změnách na zařízení. V popředí stojí zlepšování procedur spojených s čištěním, mazáním a kontrolou. [11]

Podle zdrojů o Lean Manufacturingu a TPM lze heslovitě pojmenovat všech 8 kroků takto:

- Krok 0: Vzdělávání
- Krok 1: Čištění
- Krok 2: Zdroje znečištění
- Krok 3: Standardy

- Krok 4: Kontrola
- Krok 5: AM Standardizace
- Krok 6: Spolehlivost
- Krok 7: Vedení

### 3.2.1 Krok 0: Vzdělávání

Pro úspěšné zavedení autonomní údržby je zapotřebí vzdělávání operátorů o vlastnostech zařízení a způsobech údržby. Krok 0 je jak prvním, tak posledním krokem procesu zaváděním AM, jelikož je na jeho počátku potřeba definovat možnosti čištění, kontroly a mazání stejně tak jako bezpečnostní rizika, ale také na jeho konci zaručit předávání daných znalostí stávajícím i potenciálním vlastníkům.

Podle zdroje [9] je důležité hluboké poznání zařízení pracovníkem, jelikož to vede k hlubší vazbě se zařízením a nesnižuje tím tak ochotu starat se o zařízení zodpovědně. Zdroj [14], který několik let následuje praktiky Lean manufacturingu ve světě, definuje důležitost kroku 0 především v jeho zaměření na definování bezpečnostních rizik a procedur. Tím lze rozdělit funkce kroku 0 do dvou kategorií:

1. Hluboké poznání strojního zařízení vlastníkem.
2. Bezpečnost práce na zařízení.

Bezpečnost práce je rozhodně velmi důležitou, či v některých společnostech i nejdůležitější součástí výrobního procesu. Krok 0 je proto často nejdůležitějším krokem, jelikož otevírá možnosti práce na zařízení. K bezpečnosti práce lze opět podle zdroje [14] přistupovat ze tří směrů:

**Personální ochranné pomůcky (PPE)** – Ochrana rukou, nohou, hlavy, sluchu či očí. Jejich využívání je téměř vždy vyžadováno. Je potřeba se ujistit, že pomůcky dodržují zavedené bezpečnostní standardy. Schopnost ochrany těchto pomůcek se liší s analyzovaným rizikem, nicméně nikdy nelze s jistotou zaručit jejich stoprocentní efektivnost, a proto se kombinují s dalšími částmi.

**Zdroje energie (SOE)** – Identifikujeme gravitační (pád, kyvadlo), elektrické, termální (chlاد, teplo), vzduchové (tlak), pružné a světelné. [14] Zdroje energie jsou definovány pracovníky údržby a jsou předávány vlastníkům zařízení. Snahou je vytvořit v operátorech



povědomí o blízkých nebezpečích a vyhnutí se jim. Jedním ze způsobů jsou tréninkové programy či soubory s jednoduchými pokyny k lokalizaci zdrojů rizik.

**Procedury Lock out Tag out (LOTO)** – Jedná se o proceduru, která se snaží eliminovat rizika lokalizací a zajištěním zdrojů energie pomocí vypínacích prvků. Pro implementaci je potřeba vytvoření diagramu zdrojů energie a následného vytvoření spínačů pro uzamykání. Po správném vytvoření LOTO procedur by se při uzamčení neměla dostat energie (elektrická, pneumatická) do zařízení, a pracovník by tak měl být během údržby či inspekce v absolutním bezpečí před těmito vlivy. Důležitou součástí procedury je dodržování **zamykání zařízení každým pracovníkem, který v danou chvíli na zařízení nějakou činnost provádí**. Pokud je zařízení již zamčeno, musí ho další z pracovníků uzamknout znovu. K tomu se využívají zámky s nástavci, které umožňují několikanásobné zajištění (Obr. 4). [15]



Obrázek 4: Zobrazení zajišťovacích prvků procedury LOTO využívaných v podnicích. [15]

### 3.2.2 Krok 1: Čištění

Během prvního kroku se použijí do konkrétního čištění daného zařízení. Toto čištění by mělo zahrnovat nejen několik úkonů, ale jako skoro každý krok v autonomní údržbě má i funkci inspekční a analytickou. Základem celého procesu je ovšem co nejlepší úklid zařízení jak běžnými, tak speciálními prostředky. Na konci by mělo být zařízení vizuálně v co nejlepším stavu, aby se na něm daly rozpoznat určité abnormality. Název těchto abnormalit pochází z japonského výrazu. Jsou nazývány „Fuguai“ [14] a dají se dělit do několika kategorií:

- **Defekty na zařízení:** Označují se z pravidla štítkem poblíž jejich výskytu definujícím původní stav a stav v dobu odhalení. Mohou to být malé (šrouby, spínače, pružiny, ...) i velké (krytí, zásobníky, hydraulické a pneumatické systémy, ...) části.
- **Kontaminace:** Z materiálu výrobku, ze zařízení, z mazání. Identifikujeme části mimo oblast jejich normálního výskytu (třísky v zařízení, kusy obalů spadané pod stroj, nakapané či stečené mazivo).
- **Těžko dostupná místa:** Velmi problematické při řešení poruch či potřeby čištění. Často se řeší zakrytím částí, ke kterým není potřeba se dostat, a naopak odhalením strojních součástí (šroubů, trubek, kabelů), které je třeba průběžně kontrolovat.
- **Nebezpečné prvky:** Hledáme části zařízení, které jsou nebezpečné při práci (místa na pásech s rizikem zaseknutí, píсты, kabely, ...) a jsou odhalené, přestože by se styku s nimi dalo zabránit krytím či zábranou. [14][16]

Při odhalování těchto abnormalit je důležité se zaměřit na několik chyb. Je vhodné si zařízení co nejvíce osahat, jednoduchý pohled často nestačí. V nejlepším případě je dobré dlouhodobě kontrolovat zařízení všemi možnými smysly (neobvyklé zvuky, uvolnění, vibrace, ...). Je nutné si také definovat rozsah správného fungování strojních součástí. Uvolněný šroub nemusí rovnou znamenat potřebu utažení, jestliže je v rozmezí správného fungování [16]. I krok 1 má několik výsledků, kterých se snaží dosáhnout. Jejich reálná podoba se liší podle podniků, nicméně myšlenka je vždy stejná:

- vrátit zařízení do normálního provozního stavu,
- prohloubit znalosti o fungování zařízení,
- identifikovat abnormality (označení pomocí štítků),
- identifikovat zdroje kontaminace a těžko přístupné oblasti,
- vytvořit předběžný čistící standard (volitelné).

Je důležité zmínit, že se během tohoto kroku nevěnujeme eliminaci defektů. Hlavním výstupem kroku 1 by mělo být **kompletní zmapování abnormalit** na zařízení a jeho **důkladné vyčištění**.

### 3.2.3 Krok 2: Zdroje znečištění

V předchozím kroku jsme si definovali několik druhů abnormalit. Další krok se specificky zaměřuje na **zdroje kontaminace** (anglicky Sources of contamination, často uváděno jako SOC) a **těžko dosažitelné oblasti** (anglicky Hard to reach areas, často uváděno jako HTA). V této části se rozšiřuje povědomí o těchto abnormalitách na celém zařízení a pracuje se na jejich odstranění. Kromě toho se během tohoto úseku už snažíme snížit časy strávené čištěním a především inspekcí, které vylepšujeme buď vyzozorováním všech problémů, anebo vyplývají přímo z odstranění zdrojů kontaminace nebo lepšího zpřístupnění prostor zařízení. Změny na designu zařízení, které povedou k odstranění zdrojů nečistot jsou často úzce spjaty s těžko dostupnými místy, tj. místy, které se snažíme vyčistit.

Tento krok je nejvíce založený na potřebách operátorů a pracovníků údržby. Jestliže se bude neustále opakovat kontaminace, která je navíc časově náročná na úklid, lze předpokládat nevoli pracovníků k dodržování velice důležitých standardů. Zároveň se snižování počtu kontaminací projeví na nálezů defektů před jejich opravdovým vlivem na výrobní proces. Během tohoto kroku by se operátoři a další pracovníci údržby měli zaměřit na takovéto případy [17]:

- Nezáleží na tom, jak často vyčistím zařízení. Nečistoty se stále vrací. Je potřeba najít jejich zdroj a zbavit se ho.
- Pokud zde uklízím, jsem velmi blízko nebezpečného místa (dopravník, převodovka, ostré hrany, těžké předměty). Bylo by vhodné změnit design.
- Nemám čas na tolik úklidu. Musím si ho co nejvíce zkrátit.

Zároveň nám hledání těchto míst opět pomáhá v poznání zařízení. Jestliže se pracovník dlouhodobě dívá na pracující soustruh ve snaze zjistit, kudy se dostávají třísky mimo pracovní prostor, bude jistě mnohem znalejší v práci stroje. Zároveň tak bude mnohem lépe definovat možnosti protiopatření. K těmto by měl člověk přistupovat obezřetně. Unáhlené vytvoření řešení může často pouze přesunout problém na jinou oblast, či problém zhoršit [17]. Například pokud u soustruhu zakryjeme místo, kudy utíkají třísky, dalším plechem, vytvoříme tím jen místo pro hromadění nečistot, které je navíc HRA. Pokud je potřeba vytvořit okamžité řešení, jelikož kontaminace omezuje možnost výroby, je třeba to tak i hodnotit, a neuzavírat krok 2 dokud problém není patřičně vyřešen. [14].

### 3.2.4 Krok 3: Standardy

Tento krok leží na konci první části procesu autonomní údržby. Po dokončení této části by mělo dojít k provádění úkonů čištění a mazání operátorem ve vymezeném čase a k celkovému snížení defektů a zastavení zařízení na minimum. K tomu dopomáhá nastavení standardizace, která sepisuje nejen praktiky ale také dobu provádění údržby, kterou jsme snížili odstraněním závad zjištěných v přechozích krocích.

Samotná metodika vytváření a zavádění standardů záleží na daném výrobním podniku. Závěrem kroku 3 je zároveň i závěr první etapy autonomní údržby, na jejímž konci proběhne audit. Tam se zhodnotí celkový stav zařízení a znalosti operátora a také zavedené postupy. Zdroj [17] uvádí soupis činností, které by se měly v tomto kroku provést:

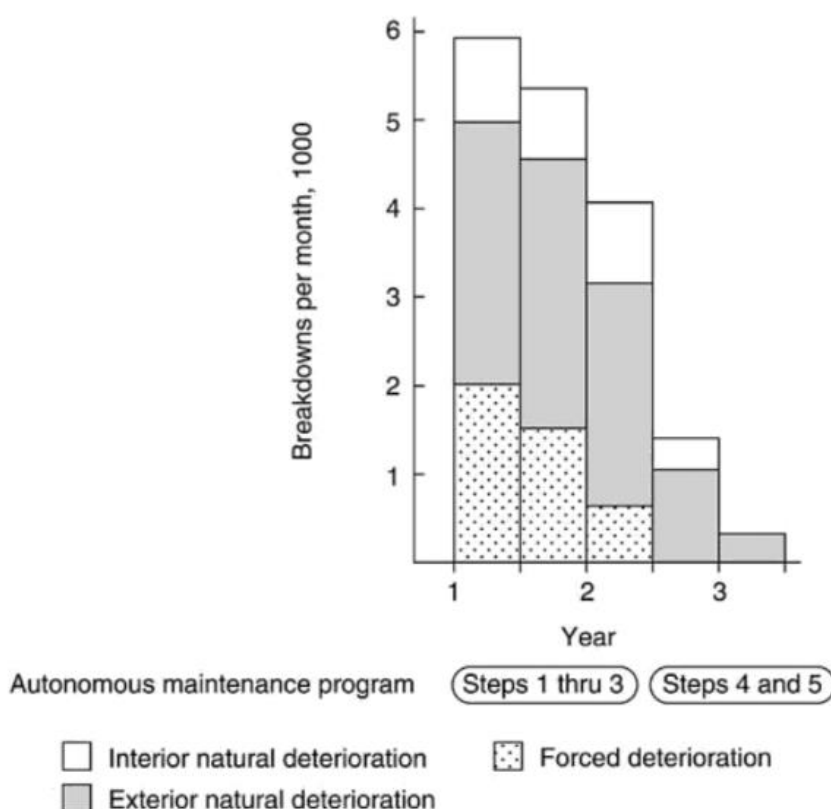
- Sestavit školení operátorů o mazání stroje.
- Zkontrolovat a sepsat všechna lubrikační místa.
- Nastavit orientační standardy mazání.
- Nalézt a odstranit defektní součástky a místa mazání.
- Odstranit místa, která se těžce mažou, pro zaručení provedení v zavedeném čase.
- Spojením čisticích a mazacích standardů z kroků 2 a 3 vytvořit orientační mazací/čisticí standardy.
- Provést nastavené operace na zařízení.
- Pokud je to potřeba, vylepšit metodami nebo nástroji pracovní proces pro zrychlení jeho provedení.
- Zhodnotit každou provedenou změnu ve vztahu k času a kvalitě provádění údržby.

Zdroj navíc varuje, že je zásadní pochopit, co je to autonomní dohled. Právě zmíněných činností nelze ve výrobě uspokojivě dosáhnout, pokud nejsou zapojeni všichni zaměstnanci. V průběhu těchto tří kroků se všichni zúčastnění pracovníci musí do procesu zapojit v praxi. Operátoři tak lépe pochopí, že pravidla nastavují ti, kdo je dodržují. To je ve skutečnosti autonomní dohled. [17]

### 3.2.5 Krok 4: Kontrola

Tento krok se věnuje poslední z trojice činností autonomní údržby: inspekci. Kontrola míst, která dříve byla problematická, nebo u nich z podstaty stroje očekáváme potíže, které nejsme schopni jednoduše odstranit, je základní pro zaručení kompletní znalosti o stavu zařízení.

Stejně jako u kroku 3 se i zde zdroj [17] věnuje kontrole a odstraňování defektních součástí a zavádění kontrolních standardů. Zároveň provádíte úkony zavedené v předchozí části co nejefektivněji a nejrychleji. Na obr. 5 můžeme vidět jakým způsobem se snížil počet poruch ve výrobě části pro automobily během kroku 4 a 5. Všimněte si položky „Forced deterioration“, neboli nucené opotřebovávání. Přesně tato je v rámci odstraňování ztrát hlavním zaměřením kroků 4 a 5.



Obrázek 5: Graf závislosti poruch za měsíc na prováděném kroku AM údržby. [17]

Zdroj [14] dává v tomto kroku kromě odstraňování defektů mimo údržbu velký důraz především školení zaměstnanců. Na konci kroku by se měly všechny strany figurující při údržbě stroje sejít ve znalostech zařízení. Provedení takových školení závisí opět na pracovníkovi, který zavádí AM údržbu. Zpravidla probíhá nějaký souhrn materiálů, plánování školení v období směn a efektivní hodnocení získaných znalostí. Zdroj opět apeluje na důležitost

uvědomění si pracovníků, že je pro ně školení podstatné a ušetří jim čas a námahu. Ve výsledku by na datech doby provádění údržby měl být na konci kroku 4 vidět pokles. Pokud ne, je třeba trénink upravit, aby vyhověl dané kritické oblasti. Zároveň budou vytvořena data pro odstranění ztrát pomocí metodik, kterým se budu věnovat v kapitole 3.5.

### **3.2.6 Krok 5: AM Standardizace**

Na začátku tohoto kroku stojí zhodnocení předchozích standardů. Následně se zavede kompletní autonomní údržba vycházející z první části a z kroku 4. Stejně jako u předchozích kroků je potřeba zavedení následně kontrolovat a iterovat, aby došlo ke zlepšení procesu údržby, a především dosažení stanoveného času jejího provádění. Jakýmsi mottem kroku je „zero breakdowns“, neboli nula poruch [17].

Krok 5 je závěrečným krokem druhé části, a pro většinu procesů je to také poslední uzavřený krok. Doteď jsme nastavovali pouze standardy orientační. V tomto kroku dojde k jejich úplné konsolidaci a v případě jejich úspěchu také zavedení do procesu nastálo. Na jeho konci by měly být podle zdroje [14] splněna tato kritéria:

- počet úkonů údržby snížen na minimum,
- čas potřebný pro provedení těchto úkonů snížen na minimum,
- odstranění všech inspekcí, které je potřeba provádět se zastaveným strojem,
- snížený počet mazání, které je potřeba provádět se zastaveným strojem,
- více jak 20 % činností mechanika převedeno na operátora,
- 75 % defektů odstranitelných operátorem.

Krok 5 jakožto konec druhé části končí také auditem. Tento audit je obsáhlejší a zaměřuje se na úplně všechny body řešené v předchozích krocích a jejich řádné provádění a znalosti operátora. Tento audit je zpravidla řízen maticí s bodovým ohodnocením znalostí a stavu standardů, která určí, zda je pracovník a zařízení způsobilé k autonomnímu provádění údržby.

### 3.2.7 Krok 6: Spolehlivost

Po splnění auditu kroku 5 jsme efektivně odstranili veškerý výskyt poruch. Budeme-li tedy předpokládat ideální stav, jediným dosud nevyřešeným bodem jsou defekty způsobené dlouhodobým používáním a defekty kvality výrobku. Především pak kvalitě výrobku, a tedy i celkové spolehlivosti zařízení, se věnuje krok 6. Tento krok je prominentní především ve strojírenství, kde je počet vadných výrobků problémem snižující nejvíce spolehlivost zařízení.

Zdroj [17] rozděluje krok 6 na další tři zaměření z pohledu kvality:

1. Opatření soustředící se na výslednou kvalitu: Zaměřujeme se na stanovení kritérií vhodné kvality výrobku a nastavení postupů na základě pěti kritérií kvality, které si stanovíme. Stejně jako u předchozích kroků zlepšujeme výrobní proces na základě nalezených defektů.
2. Opatření řešící vlivy na kvalitu: Postup je podobný jako u předchozího zaměření, ale na rozdíl od hledání a odstraňování nepříznivých částí nebo opotřebení s efektem na kvalitu se soustředíme na konkrétní podmínky potřebné k samotnému zaručení nejlepší kvality výrobku. Tyto podmínky opět stanovujeme pomocí pěti kritérií kvality.
3. Nastavení systému zaručení kvality: Systémy kontroly kvality vychází z nastavených kritérií pro kvalitní výrobek. Jako u předchozích kroků je potřeba upevnit standardy a vytvořit systém školení pro předání informací operátorům.

### 3.2.8 Krok 7: Vedení

Poslední krok lze vnímat jako jakýsi abstraktní článek pojící autonomní údržbu do kruhu. Snahou moderních výroben je dosáhnout dokonalosti, tedy žádného zásahu operátora mimo potřeby výroby.

Všechny systémy údržby zavedené v předchozích krocích je potřeba revidovat, validovat a doplňovat pro vlastní operátory. Zároveň se často využívá změny vlastnictví zařízení po několika letech (z důvodu prohloubení znalostí zaměstnanců o celkovém procesu) a je potřeba naplánovat a provést AM údržbu opět od kroku 0. Tyto změny, kontroly provádění a nová zavedení vlastnictví je potřeba vytvářet, plánovat a kontrolovat. Proto je krok 7 krokem

vedoucích pracovníků, kteří se snaží dostat principům autonomní údržby. Zdroj [14] proto vytvořil 12 základních pravidel při vytváření a zavádění AM:

1. Spolupráce mezi odděleními je základem.
2. Vedoucí pracovníci preferují a provádějí zlepšení přímo na stroji.
3. Předpokladem je reprezentace modelu managementem.
4. Způsob diagnostiky vede k aktivaci.
5. Vysvětlovat znamená učit se.
6. Využití krátkých poučení k vyzvednutí porozumění.
7. Zkušenosti s předchozím úspěchem vedou k odvážnějšímu stavu mysli.
8. Zavádění zaměření, kterým se tým může postupně věnovat (menší stopy, start výroby, analýza zhoršení kvality, ...).
9. Tým AM je spojením mezi vyšším managementem a členy zapojených týmů.
10. Pravidelné schůzky jsou barometrem aktivity týmu.
11. Změny provádíme co nejdříve.
12. Zavádění je důkladné.

### **3.3 Plánovaná údržba**

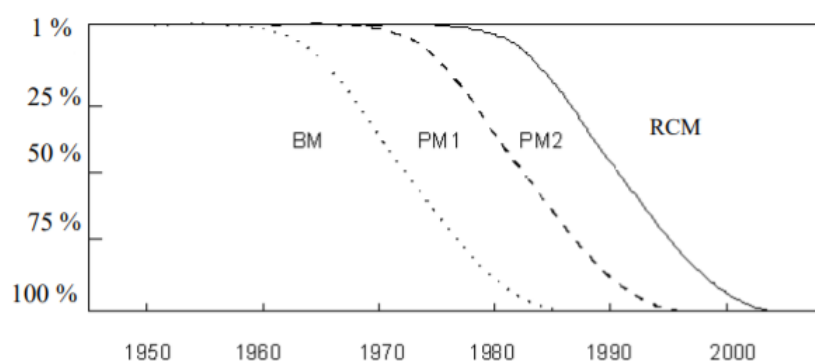
Vedle autonomní údržby, která je prováděná v časových intervalech týdnu až měsíce se pro periodicky prováděné úkony využívá tzv. plánovaná údržba (dále také PM). Její opakování je v řádech měsíců až let, ale její důležitost tím neklesá. Autonomní údržba je ve své podstatě systematický postup k získání optimálnějších podmínek běžného provozu stroje. Plánovaná údržba se věnuje spíše jevům, které nejsou přímo vytvořené okolními vlivy, ale prací stoje jako takového. Na obr. 5 si můžeme kromě podmíněného opotřebování, všimnout také přirozených opotřebování, a to vnitřních a vnějších. Přestože je AM adresuje také, v plánované údržbě se v ideálním případě věnujeme pouze těm.

Určitý stroj vyžaduje několik údržbových aktivit. Plánovaný horizont je konečný a rozdělený do několika období. Aktivita údržby je plánována jako úkon. Ten pak začíná a musí skončit v jedné periodě. Tento úkon je zařazen samostatně nebo po několika v určitém okně, který můžeme nazývat údržbovým slotem. Tyto úkoly provádí jeden po druhém jeden pracovník. Účinek údržby je dočasný, a proto musí být naplánována každá činnost údržby alespoň jednou v rámci období designem stroje stanovených úkolů nebo období trvanlivosti



součástí. Délka periody úlohy, tzv. pokrytí, je maximální čas, který může uplynout mezi dvěma úkoly stejné činnosti údržby. Všechny správně zavedené údržbové aktivity obnoví systém do původního stavu a vyžadují vždy stejný čas pro jejich provedení. Maximální dostupný čas na údržbu se označuje jako kapacita. [18]

Máme-li tedy namáhanou hřídel ve stroji, kterou výrobce definuje jako měněnou součást, je na nás, abychom ji vyměnili v jím stanovené době. Stroje mají obvykle běžnou dobu záruky 2 roky, a výměna součástí se může jevit peněžně náročná. Proto je v zájmu plánované údržby, aby zaváděla výměny opravy a mazání v co nejefektivnějším měřítku. Ve 20. století se postupně objevovaly nové efektivní postupy pro řešení údržby. Podle obr. 6 je to:



Obrázek 6: Vývoj a využití systémů plánované údržby ve 20. století. [19]

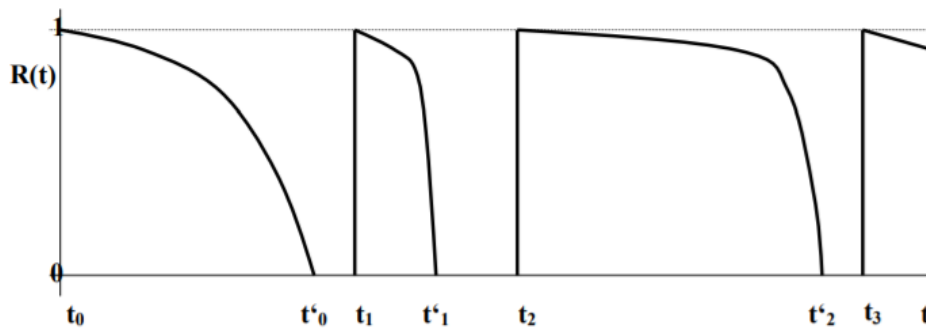
- BM – Údržba po poruše
- PM1 – Preventivní údržba
- PM2 – Produktivní údržba
- RCM – Údržba zaměřená na spolehlivost (Reliability centered maintenance) [19].

### 3.3.1 Údržba po poruše

Historicky první způsob řešení údržby. K opravě a výměně namáhaných částí dojde až po jejich kritickém poškození. Údržba přichází neočekávaně a bez zavedení systémů kontroly jsou intervaly mezi poruchami náhodnou veličinou. Takový postup je v moderním prostředí nevhodný a snažíme se mu co nejvíce vyhnout. Většinou vyústí v akce vyšetřování problému (více v kapitole 3.5) a zlepšování designu či systémů údržby.

Jsou ovšem určitá odvětví, kde je tento postup stále nejvhodnější. V takovém případě je důležité zaručit, že porucha neohrozí bezpečnost a životní prostředí. Při použití ve výrobních zařízeních zároveň nesmí dojít k omezení provozu stroje a nesmí ohrozit ostatní součástky.

Na následujícím grafu je vizualizace pravděpodobnosti bezporuchového provozu v čase, což reprezentuje stav součásti a provoz zařízení. [19]



Obrázek 7: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu po poruše. [19]

Kde:

$R(t)$  je pravděpodobnost bezporuchového provozu.

$t_n$  je doba ukončení oprav (navrácení do optimálních podmínek a do provozu).

$t'_n$  je doba vzniku poruchy.

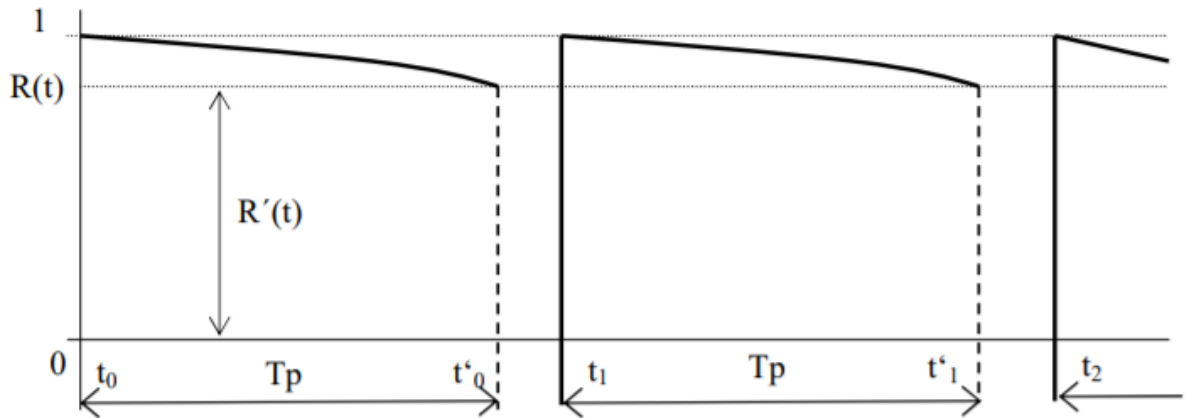
$|t'_n t_n|$  je období, kdy dochází k údržbě (opravě).

### 3.3.2 Preventivní údržba

Chceme-li zamezit poruše a ohrožení jak kvality, tak zaměstnanců a procesu, musíme využít známých jevů přirozeného opotřebování k preventivní kontrole a výměně v kritickém bodě. Na takový postup se dá opět nahlížet z několika úhlů:

#### Údržba se zabezpečenou bezporuchovostí

Provádí se v nějaké předem stanovené periodě. Pro její úspěšné provedení se musí předpokládat, v jakém období by k poruše mělo dojít. Konkrétní interval výměny součásti se stanoví pomocí dat z předchozích výměn, nebo podle specifikací výrobce. Nejefektivnějším ukazatelem je pak určitá míra provedených pracovních cyklů součásti. Například u motorů najeté kilometry a u hřídelí otáčky. Máme-li stanovený interval, může se naplánovat údržba. Tento systém je stále finančně neefektivní, ale umožňuje plánování akcí údržby a neohrožuje kvalitu a bezpečnost. Navíc je často stále méně nákladný než výměna po poruše. [19]



Obrázek 8: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu se zabezpečenou bezporuchovostí. [19]

Kde:

$R(t)$  je pravděpodobnost bezporuchového provozu.

$|t_n t'_n|$  je interval preventivní údržby  $T_p$ .

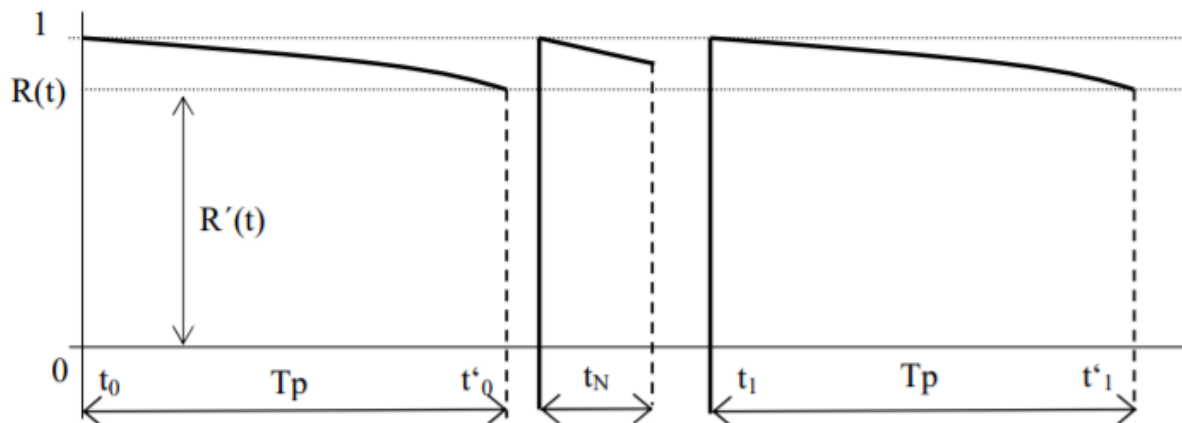
$|t'_n t_n|$  je doba provedení údržby (obnovy) prvku.

$R'(t)$  je stanovená pravděpodobnost poruchy pomocí pozorovaných dat. Podle této vytváříme interval preventivní údržby. Pro její určení existuje mnoho matematických modelů vycházejících z teorie pravděpodobnosti. Prominentním modelem je Weibullovo rozdělení, označované jako  $W2p$ . Podle tohoto rozdělení:

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{t_0} \right)^m \right] \quad t \geq 0 \quad (3.1)$$

kde  $t$ ,  $t_0$  jsou parametry měřítka a  $m$  je parametr tvaru.

Předchozí graf neadresuje náhlé poruchy ani věk prvku. Při výskytu abnormality se údržba neprovádí a její cyklus se neadaptuje na vzniklý problém. Můžeme vzít věk prvku v potaz. V takovém případě by graf znázorňující intervaly preventivní údržby vypadal následovně:



Obrázek 9: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu se zabezpečenou bezporuchovostí s ohledem na věk součásti. [19]

Kde:

$R(t)$  je pravděpodobnost bezporuchového provozu.

$|t_n t'_m|$  je interval preventivní údržby  $T_p$ .

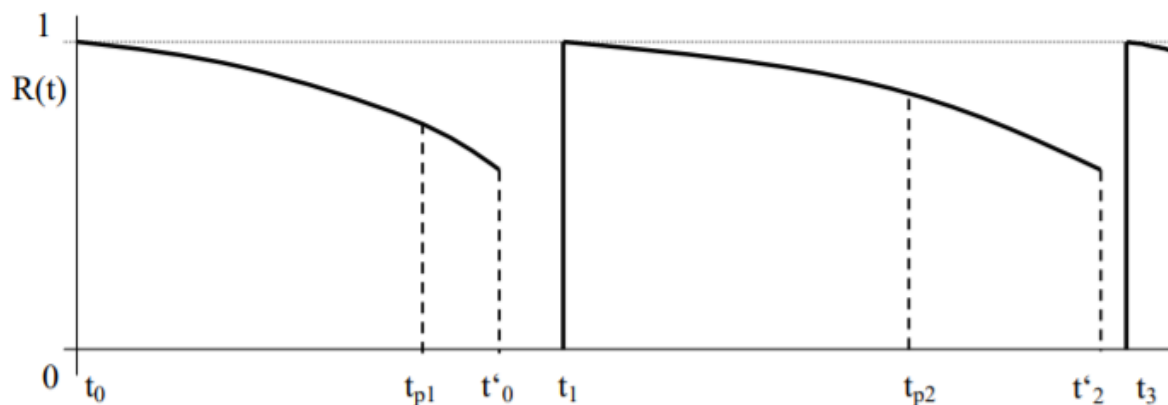
$|t_n t'|$  představuje vznik náhlé poruchy.

$|t_1 t'_1|$  pokračující nový interval  $T_p$ . [19]

### Údržba po prohlídce

Jakýmsi mezičlánkem mezi údržbou po poruše a údržbou se zabezpečenou bezporuchovostí je údržba po prohlídce. Zavedením jasných postupů a kritérií hodnocení technického stavu stroje nebo části lze předpovídat kritický stav a naplánovat údržbu. Výhodou systému je, že je pružný. Jestliže není viditelné poškození a z principu část neohrožuje bezpečnost ani kvalitu, nemusí se plánovat údržba. To má i zjevné ekonomické výhody. Navíc je mezi inspekcí a skutečnou údržbou stanovený časový odstup realizace údržby. Ten je výhodný i z hlediska logistické podpory. Sestavením operativního plánu údržby je zřejmé, jaké prvky (součásti) je nutné vyměnit, obecně, jaký bude potřeba materiál na provedení údržby a oprav. Vzniká jistý předstih mezi okamžikem spotřeby před okamžikem vzniku požadavku na materiál, což vede ke snížení nároků na rychlost dodávek. [19]

Nevýhodou je, že se musí navíc plánovat inspekce, což vyžaduje lidi a čas stroje. Zároveň je potřeba velmi jasně stanovit kritéria kontroly a výměny. Neefektivní kontrola může mít za následek chybné zhodnocení a vznik poruchy před naplánovanou údržbou. V případě, že se prvek zhodnotí jako bezproblémový, a jeho výměna tedy není vůbec naplánována, se musí dobře zohlednit současný stav, a jestli ho lze akceptovat až do uplynutí dalšího kontrolního intervalu. Graficky lze tento systém opět vyjádřit takto:



Obrázek 10: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu po prohlídce. [19]

Kde:

$R(t)$  je pravděpodobnost bezporuchového provozu.

$|t_n t'_n|$  je interval preventivní údržby  $T_p$ .

$t_{pn}$  je čas inspekce.

$|t'_n t_n|$  je doba provedení údržby (obnovy) prvku.

### 3.3.3 Prediktivní údržba

V moderních podnicích se v rámci ekonomických, bezpečnostních a kvalitativních zájmů využívá všech principů stanovených v této kapitole. Pomocí dobře zpracovaných dat vytváří plánovaná údržba komplexní systém údržby jasně navržený pro každou část zvlášť. Takovému přístupu se říká produktivní údržba, nebo již zmíněná údržba zaměřená na spolehlivost. Chybějícím článkem všech těchto systémů je efektivní předpovídání problému.

U některých součástí, jako je řetěz nebo doraz, lze identifikovat manifestované opotřebení lehce. Na většině strojních součástí pracujících v cyklech se ovšem dlouhodobě opotřebení neprojeví, a v mnoha případech se mohou jevit jako bez potíží, dokud nedojde k poruše. Skoro vždy má abnormalita v součásti nějaký efekt na systém ještě před porušením. Takový stav není vizuálně zřejmý, ale je významný při zkoumání systému a lze ho rozeznat pomocí zkoumání fyzikálních veličin čidly a jejich následném zpracování.

Prediktivní údržba využívá pokročilou analýzu založenou na skutečných provozních podmínkách aktiv. Monitorování budoucího selhání umožňuje naplánovat údržbu dříve, než dojde k selhání. V ideálním případě prediktivní údržba umožňuje, aby frekvence údržby

byla co nejnižší, aby se zabránilo neplánované reaktivní údržbě, aniž by vznikly náklady spojené s prováděním příliš vysoké. Může také umožnit optimalizovanější provoz součástí. Prediktivní údržba eliminuje potřebu pravidelného odstavení z provozu. Technikům údržby umožňuje sledovat věci jako jsou vibrace, teplo a spotřeba paliva, aby pochopili, co se děje hluboko uvnitř složitých strojů. Samotné provedení prediktivní údržby záleží na zvolených systémech [20]. Systém přenosu a zpracování dat je ale v principu stejný:

*Senzory snímající zkoumaný parametr -> Zpracování hodnot (PLC) -> Převedení dat do databáze a jejich filtrování -> Analýza dat.*

Při nejmodernější aplikaci, když už jsou parametry kontroly dobře a jasně stanoveny, lze nastavit kontrolní systém, který registruje hodnoty v čase a automaticky reaguje na překročení předem nastavené kritické hodnoty. V případě dobře zavedených postupů může tento automatický systém rovnou vytvořit plán provedení údržby s bezpečným časovým horizontem.

### **3.4 Metodiky pro odstraňování ztrát na zařízení**

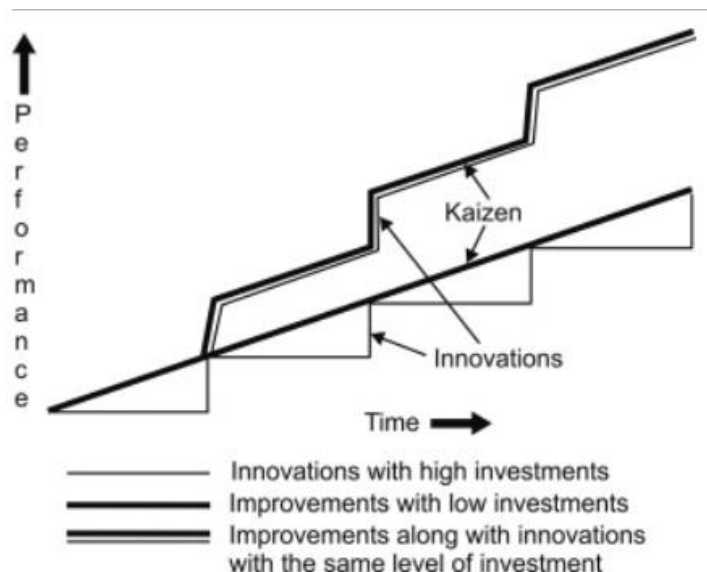
Při komplexitě moderních zařízení je stále obtížnější odhalování příčin prostojů na zařízení či určitých abnormalit. Se zvyšujícím se nárokem na kvalitu výrobků se v 60. až 70. letech 20. století, především v Japonsku a následně ve Spojených státech, začaly využívat metodiky, které více či méně napomáhají odhalování těchto nepříznivých podmínek a systematicky tak zlepšují spolehlivost, účinnost a bezpečnost procesů. Nejvýznamnější, a v mé práci nejlépe použitelné, popíšu v této kapitole.

#### **3.4.1 Kaizen**

Hlavním heslem moderní výroby je zlepšení. Lean manufacturing, TPM, IWS, i Kaizen jsou všechno zastřešující termíny, které využívají metodiky vzniklé v několika předchozích desetiletích. Základem všech těchto praktik byl vědecký přístup k vedení výroby, který světu ukázal Frederik Taylor v 19. stol. Kaizen jako takový ovšem na celou problematiku pohlíží z jiného úhlu. Většina západních výrobních se soustředila na zlepšení jako na projektovou činnost,

kteřá vyžaduje tým lidí, dlouhodobou analýzu současného stavu a plánování stavu budoucího. Kaizen se dívá na zlepšení jako na kontinuální pracovní činnost.

Metodika pochází od doktora Shinga ze společnosti Toyota a vychází z japonského sousloví, které v překladu znamená „změna k lepšímu“. I v době před padesáti lety to byl velmi unikátní pohled na výrobu. Přestože se zlepšení implementovalo téměř autonomně, Shinga si všimnul nízké účinnosti při zlepšování výkonu. Tato se dá popsat schematicky pomocí grafu na obr. 11. [21]



Obrázek 11: Schématické znázornění zlepšení výkonu při využití Kaizenu. [21]

Tenké čáry reprezentují inovace. Jsou to přesně takové, které při klasickém přístupu znamenají dlouhodobé přípravy a úsilí. Tlusté čáry pak reprezentují kontinuální malá zlepšení a zároveň v tomto schématu představují zlepšení celkové ve vztahu k výkonu zařízení. Shinga také implikuje, že se tato velká zlepšení pomocí chytrých změn dají implementovat do běžného provozu výroby, a tím ušetřit nejen čas, ale i zlepšit výkon zařízení. Kaizen je tedy kontinuální zlepšování podmínek výroby. Motto celé metodiky je: „Raději dělat 100 věcí o 1 % lépe, než jednu věc o 100 %“ [21].

Kaizen by tedy měl být rychlou změnou k lepšímu, nicméně je jasné, že pro začínající společnosti či výroby bude implementace zlepšení vyžadovat delší časová období, řádově ve dnech. Taková zlepšení potom stále vyžadují určitou týmovou práci, kde je jistý vedoucí iniciující jednotlivé kroky. Vše je následně ukončeno jakýmsi vnitřním auditem, na kterém jsou přítomny všechny ovlivněné strany. Snahou je, tak jako u jiných již zmíněných metodik, s každým dalším zásahem snižovat čas na něj potřebný a lidské zdroje s ním spojené. Úplným

cílem pro Kaizen je dělat změny ne delší než 15 minut [22], tzv. Kaizen události vedené jedním pracovníkem, který změnu navrhl, přednesl i provedl.

Jak je takových změn dosahováno? Oproti obyčejnému přístupu ke zlepšování klade Kaizen velmi veliký důraz na kreativitu a samostatnost pracovníků. To jde samozřejmě ruku v ruce s principy probíranými v kapitole o AM. Proto je během implementace Lean manufacturing, a potažmo i Kaizen metodiky, důležité zaměření na motivaci pracovníků k podobným činnostem. Snahou je, aby se operátoři nebáli zasahovat do jejich zařízení, viděli rychlou šanci na změnu, která dlouhodobě zlepší kvalitu, anebo ušetří ztráty. Tento proces musí samozřejmě sdělit nadřízeným. Takový pracovník by pak měl být podpořen a pochválen za odhalení zlepšení, namísto pokárání za zastavení linky. Můžeme tedy vše opět spojit do potřeby zdravé organizace společnosti. Stejně tak je výhodou Kaizenu eliminace mezičlánku v podobě pracovníků mimo linku, což dlouhodobě vede ke zvýšení přidané hodnoty produktů.

Při srovnávání Japonska a západních zemí mohl být v minulém století vidět rozdíl oproti přístupu ke zlepšení právě ve vztahu Kaizen vs. inovace. Japonské společnosti se zasazovaly za to, že přestože je inovace jakožto změna celkového postupu důležitá pro udržení společnosti na trhu, je to právě Kaizen, který jim dává dlouhodobou výhodu. Kde výhody inovace opadnou po určité časové době, tam se nasadí Kaizen, který pokračuje ve zlepšování výkonu zařízení, jež již není nové a tedy „bezproblémové“. Kaizen využívá několik postupů a metodik k dosažení zmíněných principů, na jejichž počátku vždy stojí bdělá identifikace problému. Jejich celý soupis lze vidět na obr. 12 ze zdroje [21], který reprezentoval Kaizen jako jakýsi deštník, který tyto postupy zastřešuje.





Obrázek 12: "Kaizenový deštník" zastřešující metody zlepšování procesů. [21]

### 3.4.2 PDCA

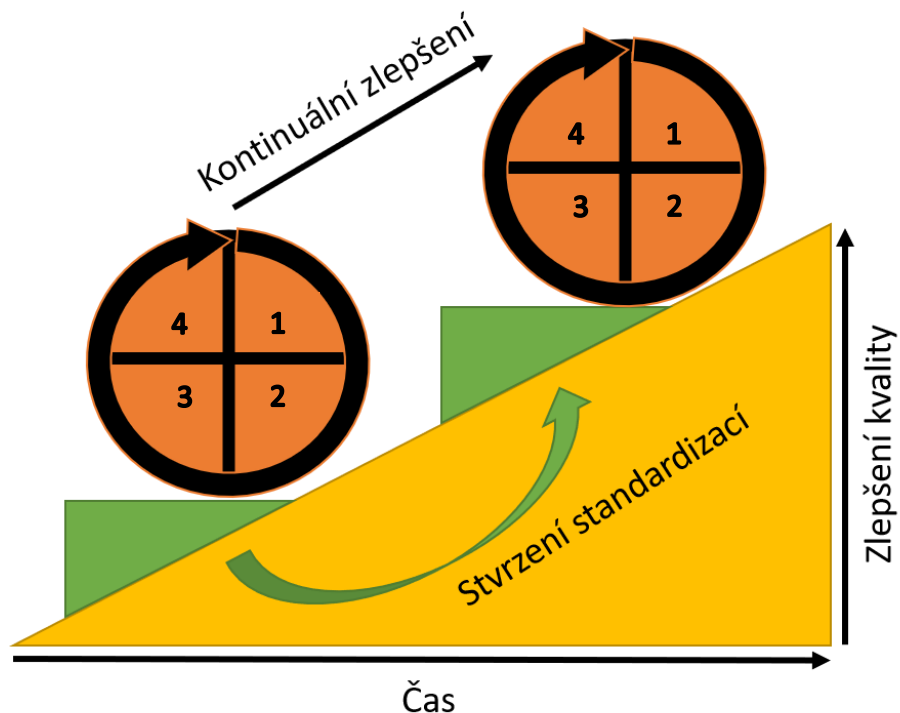
PDCA je cyklický přístup na kontrolu kvality výroby, který reprezentuje správný postup managementu při změnách procesu. Jedná se o souhrnné označení systémů, které využívají čtyři kroky během implementace procesů ať už nových, nebo vylepšení stávajících. Metodika pocházející z anglického Plan-Do-Check-Act je jedním z nástrojů vedoucích pracovníků ulehčující organizaci zavedení kontroly a zlepšení procesů. Často se nazývá Demingův cyklus podle významné americké osobnosti v oblasti kvality. Někdy se také jedná o Shewhartův cyklus, ale tak se spíše označuje přístup vycházející ze statistických šetření. Jednotlivé kroky lze popsat takto:

1. **Plánování (Plan):** Při zavádění jakéhokoliv procesu je potřeba nejprve důkladně naplánovat jeho provedení. V moderních výroбах je potřeba se zaměřit na časovou náročnost. Je důležité v tomto kroku správně komunikovat chystanou změnu s ovlivněnými stranami.
2. **Provést (Do):** Část, ve které dojde k samotnému zavedení nebo zlepšení procesu. Při správném naplánování by tato část měla být co nejkratší a nejefektivnější.
3. **Zkontrolovat (Check):** Ať už se plán a provedení vydaří jakkoliv, nikdy nelze počítat s tím, že bude proces fungovat tak, jak bylo předpokládáno. Kontrola zavedení po určité časové době nebo v určitých intervalech nám dovolí

zhodnotit reálný výsledek a zaznamenat vyskytující se problematické oblasti, jejichž následkům je potřeba se vyvarovat.

4. **Jednat (Act):** Po provedení analýzy z minulého kroku přijde na řadu určení řešení nalezených problémů. V tomto bodě nejvíce figuruje vedení projektů, jež má za úkol zvolit vhodnou cestu během vylepšování. Zvolené řešení je pak opět plánováno, čímž se uzavře pomyslný kruh této metodiky. [23]

Každé nové řešení nabývá na důležitosti zavedením jasné standardizace, která definuje postupy vedoucí ke zlepšení procesu. Bez jejich dodržování nenastane změna. Každé další zlepšení musí navíc stavět na již zavedeném funkčním standardu. Jen tak lze dosáhnout kontinuálního zlepšení kvality.



Obrázek 13: Schématické znázornění procesu zlepšování v čase při využití PDCA.

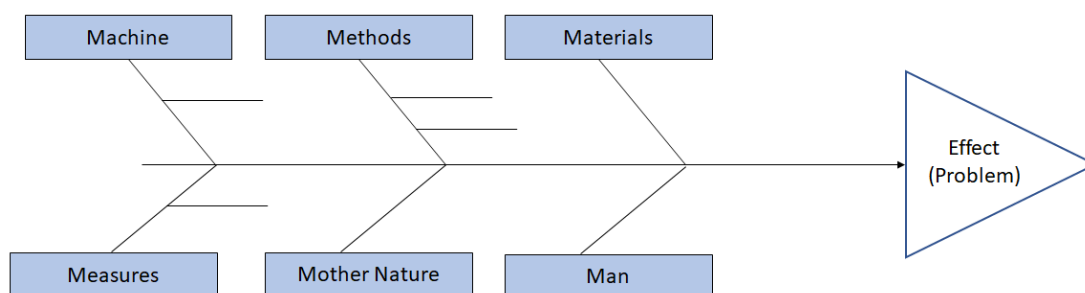
PDCA je tedy jakýsi teoretický nástroj, jehož filozofie souhlasí jak s moderními postupy Lean manufacturingu, tak i Six Sigma. Správné pojmenování této metodiky může být přesto rozhodující v tom, jestli bude nově zavedený proces zlepšením nebo naopak. Jeho využití lze vidět jak v zavádění světových standardů ISO, tak ve všech moderních výrobcích. V poslední době je tento systém zaváděn i do sociálního sektoru, a to zejména do nemocnic a finančnictví. [23]

### 3.4.3 Diagram příčin a následků (Ishikawův diagram)

Ishikawův diagram, diagram příčin a následků, Fishbone (rybí kost), Herringbone diagram nebo diagram 5M. To vše jsou jména pro metodu, kterou jako první předvedl japonský chemik ve 20. století jako demonstrování porozumění problému komplexní analýzou. U chronických identifikovaných problémů, jejichž příčina není jasně stanovena, se tento diagram užívá jako mapa obsahující všechny součásti systému mající vliv na problematickou část.

Model rozděluje veškeré vlivy do původně pěti kategoriích, název 5M pak vychází z jejich anglického pojmenování. Pro toto grafické zpracování existují dva předpoklady:

- existuje konečné množství hlavních a sekundárních příčin pro každý problém;
- rozlišení těchto dvou typů příčin je prvním krokem k vyřešení problému [24].



Obrázek 14: Ishikawův diagram. [24]

Podle obr. 14 můžeme vidět šest kategorií. Takto vypadala původní verze, kam bylo později k pěti původním kategoriím přidáno prostředí. Typicky jsou součástí diagramu kategorie materiál, proces, lidé a stroje. Ostatní kategorie se často liší podle odvětví využití. Nejčastěji jsou dalšími kategoriemi měření, management, technologie. Můžou se však vyskytovat i kategorie naprosto jiné. Čtyři zmíněné nejčastěji používané kategorie představují:

- **Materiál:** V této kategorii jsou ty části systému, které jsou nebo mají přímé spojení se zpracovávaným materiálem. Ve slévárně to například bude pouze kov. Ve výrobcích, kde je nějaký materiál přiváděn do procesu v předchozím balení, to jsou i součásti tohoto balení. Všechny ostatní spotřební materiály jako papír nebo elektřina sem spadají také.

- **Proces:** Jedná se o jakékoli části provádění procesu. Ať už jde o zadání zodpovědnosti, stanovené prováděné úkony anebo jejich efektivnost.
- **Lidé:** V této kategorii je lidský faktor. Zavedené procesy se zde hodnotí z hlediska jejich provedení konkrétním člověkem. Započítávají se sem chyby z nepozornosti, neznalosti anebo pouze laxní přístup.
- **Stroje/Nástroje:** Všechny části strojů, nástrojů a přístrojů, ale stejně tak jejich špatně provedená nebo omezená údržba. Hnací součásti, krytí v cestě anebo nedostatečné mazání jsou v této kategorii.

Přestože je tento nástroj využíván hlavně v systémech kvality, je velmi užitečný i při předpovídání rizika. Například při vytváření nového projektu či zavádění nového zařízení se firma chce podívat na problém jako celek a předpovídat tak velké množství potenciálních problémů do budoucna. [24]

#### 3.4.4 5x Proč

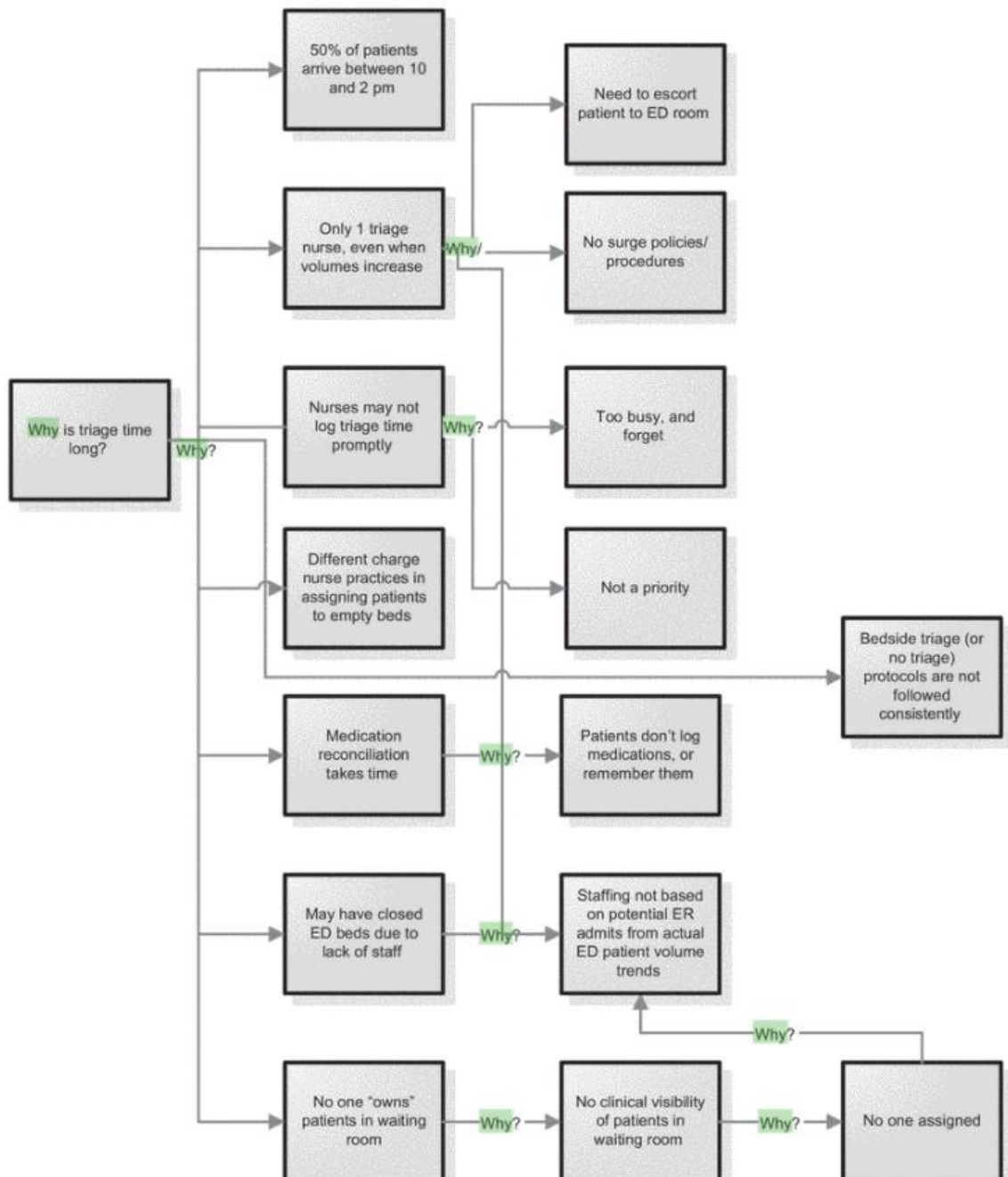
V anglické literatuře známé jako Five whys je další částí analýzy jádra problémů po Ishikawově diagramu. Hlavním smyslem není najít okamžité řešení na zařízení, ale po provedené akci a analýze vzniklého problému jej definovat na hlubší úrovni. Postup spočívá v jasném definování viděného defektu. Tento nesmí být ovlivněný předpoklady pracovníka, ale měl by co nejjasněji definovat viditelnou skutečnost (často se přejímá z Ishikawova diagramu). Technika byla vyvinuta Sakichiem Toyodou pro společnost Toyota. 5x proč napomáhá:

- identifikovat jádro problému,
- ukázat, jak mohou být rozdílné původy problému propojené. [25]

Jedním z rizik při řešení skupinových aktivit je tendence velmi brzo přerušit práci. Ve chvíli, kdy se nalezne způsob řešení, se lehce stane, že týmy dále problém nevyšetřují. Tyto problémy se ovšem často vrací, a to i ve větším měřítku. Nástroj 5x proč pomáhá tuto tendenci eliminovat. Následné ponoření do jádra problému často vede k odhalení pravé příčiny, a tím tak k eliminaci defektů permanentně. [26] Tento až elementární postup je často dostatečný k hlubokému zamyšlení nad problematikou, a především může být lehce adaptován na všechny obory. Je ovšem důležité si uvědomit, že bez jasného úmyslu získání

pravého původu je tato technika pouze okrajovým byrokratickým úkonem. Proto je při vytváření analýzy Pěti proč třeba následovat tři základní podmínky:

- i. přesný a kompletní popis problému,
- ii. plná upřímnost při zodpovídání každé úrovně,
- iii. rozhodnost dostat se na pravé jádro problému [27].



Obrázek 15: Diagram reprezentující možný myšlenkový pochod během vytváření analýzy Five Whys. [25]

Na obr. 15 můžeme vidět vizuální reprezentaci procesu tvorby analýzy pěti proč. Tento diagram byl vytvořen během úsilí o zlepšení procesu Lean-Six Sigma na pohotovostním oddělení v nemocnici. Diagram ukazuje několik principů, které jsme si definovali. V první řadě je potřeba zmínit, že se jedná o řešení problému z lékařského prostředí, což potvrzuje možnost implementace analýzy do jakéhokoliv prostředí. Následně si všimněme, že velké množství odpovědí ani nesouvisí s metodikami či medicínou, ale objevují se i důvody jako „není to prioritou“ nebo „moc práce, zapomněl jsem“. To můžeme navázat na potřebu upřímnosti během odpovědi. Prioritou je vždy nalézt problém.

Zdroj [26] definoval velmi názorný modelový postup během vytváření analýzy:

**Problém: Stroj XY vyprodukoval neshodný výrobek**

1. **Proč:** **Proč stroj XY vyprodukoval neshodný výrobek?** Po vyšetřování bylo nalezeno zastavení stroje během výroby.
2. **Proč:** **Proč se stroj XY zastavil?** Ishikawův diagram ukázal, že termovypínač uvnitř zařízení přerušil přívod energie do motoru (následuje nějaká oprava – v tuto chvíli okamžitá akce, je třeba se ptát dál).
3. **Proč:** **Proč se sepnul termovypínač?** Stroj se přehřál.
4. **Proč:** **Proč se stroj přehřál?** Nalezeno, že se do motoru dostává větší proud, než bylo výrobcem specifikováno.
5. **Proč:** **Proč je stroj napájen vyšším proudem?** Zjistilo se, že stroj je podle svých specifikací přetěžovaný.

Článek také správně uvádí, že bychom se mohli dostat k šestému proč: Jak došlo k přetěžování zařízení? Tam se můžeme podívat na zavedené procedury a vůbec konzultace možností zařízení s dodavatelem. Důležitou částí tohoto příkladu je ovšem uvědomění, že i když se většinou prokáže pět proč být dostatečný počet, analýza teoreticky nikdy nedosáhne konce. Vždy je možné ptát se na další proč.

### 3.4.5 Paretova analýza

Již od počátku 20. století si začaly podniky všech odvětví všimnout zajímavého jevu. V každém statistickém souboru, který koreluje výskyt jevu a jeho příčiny, lze pozorovat, že 80 % jevů je způsobeno 20 % příčin. Ve 40. letech byl tento jev oficiálně pojmenován podle italského ekonoma Vilfreda Pareta, který ho pozoroval na italské ekonomice, kde 80 % bohatství bylo rozděleno mezi 20 % lidí. Ne nadlouho se vytvořil postup, kterým lze tato data filtrovat, a efektivně tak využít této analýzy k řešení problémů. Analýza jako taková se dá aplikovat na skoro všechna odvětví, při správném postupu. Zdroje uvádí například tato použití:

- počet nevhodných výrobků k jejich příčinám,
- počet finančních ztrát k výrobkům,
- reklamace k důvodu reklamace,
- poruch zařízení k příčinám,
- opotřebení náradí k použití,
- stížnosti k směřovaným odvětvím podniku,
- služby k zisku.

Analýzu lze využít jako nástroj pro hledání nejpodstatnějších problémů z hlediska náročnosti či financí. Zároveň ji můžeme použít při hledání tzv. životně důležité menšiny. To jsou faktory, které nejvíce ovlivňují již definovaný problém. V takovém případě se Paretova analýza pojí s Ishikawovým diagramem. Pro její provedení je potřeba několika predispozic statistického souboru a následného filtrování dat. Zdroj [28] uvádí tento postup při jejím vytváření:

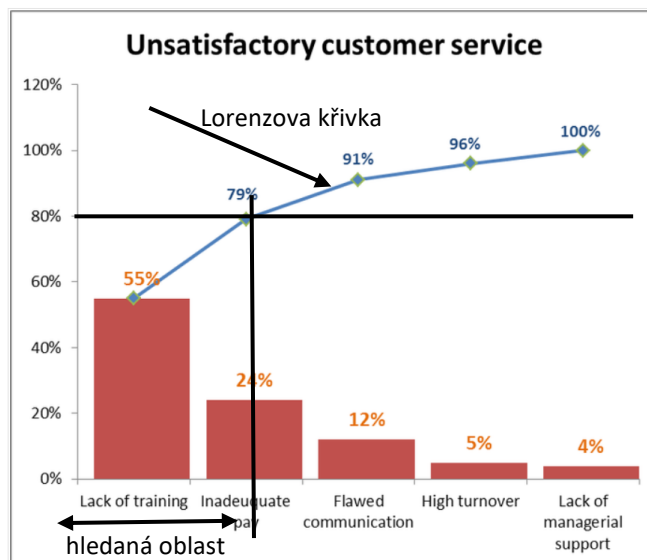
1. volba faktorů,
2. volba hlediska analýzy,
3. sběr a záznam dat,
4. sestavení Paretova diagramu,
5. volba kritérií životně důležité menšiny a její stanovení,
6. analýza faktorů životně důležité menšiny.

Samotná analýza pomocí Paretova diagramu a Lorenzovy křivky se pak provádí takto:

1. seřazení faktorů vzestupně podle zvoleného ukazatele,

2. výpočet absolutní kumulativní četnosti v %,
3. sestavení Pareto diagramu:
  - a. Vyznačení jednotlivých faktorů na ose x,
  - b. vyznačení hledisek na ose (osách) y,
  - c. zakreslení dat do sloupců podle hodnot osy y k faktorům na ose x,
  - d. sestavení Lorenzovy křivky (vizualizace kumulativní četnosti) a nalezení roviny odpovídající 80 %.

Vytvořením svislé čáry vytvoříme hranici, na jejíž levé straně jsou námi hledané faktory. Tak lze i ve zdánlivě velkém a různorodém statistickém souboru definovat celkem jasné cíle při řešení problémů na zařízení. Následující graf ze zdroje [29] popisuje na příkladu nespokojenosti zákazníků. Popsal jsem podstatné části grafu po provedení analýzy.



Obrázek 16: Zpracování dat Paretovou analýzou. [29]



## 4. Paletová dálnice

Nejmodernější výrobní zařízení se snaží vyhýbat přenosu materiálu člověkem jakýmkoliv způsobem. Ať už se jedná o prvky kompenzující ergonomii práce, nebo čistě o dopravní prostředky. Mezi nejčastější automatické přepravní jednotky se řadí dopravníky, které mohou v podobě válečků, či pásů poháněných řetězy výrazně usnadnit transport materiálu v případech, kdy je potřeba každá minuta či sekunda. V neposlední řadě napomáhá automatizace přepravy bezpečnosti, jelikož nejsou pracovníci potřeba v blízkosti stroje během odebírání výrobků. Všechny tyto aspekty se snaží v určité úrovni řešit zařízení, které se nachází v závodu Procter & Gamble - Rakona s.r.o., zvané paletová dálnice.

Na konci výrobní linky, kdy jsou výrobky uskupeny a zabaleny na paletu, je potřeba tyto palety transportovat do skladu. Takový transport vyžaduje v drtivé většině vysokozdvizný vozík. Máme-li ovšem úzkou chodbu, ve které je někdy potřeba převést až několik palet za minutu, dostáváme se do obtížné situace. Nejen, že se obecně blízkosti pracovníků k vysokozdvizným vozíkům snažíme vyhnout napříč všemi moderními výrobními závody, ale zároveň nám v tomto případě prostor výrazně omezuje rychlost výroby. Proto se ve firmě rozhodli vytvořit toto dopravníkové uskupení, které nejen výrazně omezuje kontakt operátorů s vozíky, ale zároveň zvyšuje tzv. „**buffer výroby**“:

*„Oblast mezi každou operací na výrobní lince, která obsahuje součásti v procesu. Velikost bufferu se váže na doby cyklů jednotlivých výrobních zařízení. Stroje s kratší dobou cyklů mají větší buffer, aby nedocházelo k zablokování předchozího stroje. [30]“*

V našem případě se jedná o uložení palet do skladu. Budeme-li toto považovat za závěrečnou výrobní operaci, pak mohu stanovit, že bude delší, resp. spotřebuje více času, naložení, odvoz, uložení a následný návrat pro další paletu než samotná výrobní rychlost linky. Navíc se jedná o několik linek najednou. Zařízení tedy spojuje výstupy všech linek a vozí palety přes dopravníky až do skladu, kde jsou odebrány. Dálnice tím tak funguje i jako přirozený buffer v případě potíží ve skladu či vlastních poruch.

**Paletová dálnice** je soubor řetězových dopravníků se třemi řetězy na krajích a ve středu v kombinaci s válečkovými dopravníky. Vytváří se tím tak dopravní síť, která je schopna přepravovat palety ve dvou na sebe kolmých směrech. Směr z výrobních linek je řešen pomocí

válečkových dopravníků, směr do skladu, který je vůči výstupům linek kolmý, je pak řešen dopravníky řetězovými ve dvou paralelních „kolejích“. Delší vzdálenost je tedy překonávána pomocí řetězů. Uzly, kde se stýkají výjezdy z linek a samotné koleje řetězových dopravníků, se nazývají překladače a jsou řešeny pomocí zdvihových systémů převážně válečkové části, které ji nadzvedávají nad úroveň řetězů a zpět. Případné výstupy pro palety mimo finální destinaci (sklad) mají pak instalovanou točnu, která je schopná měnit směr palety, a tím ulehčit nakládání nebo odběr. Jeden z výstupů je navíc opatřen výtahem, což umožňuje manipulaci s paletami i bez vysokozdvížného vozíku (dále též „VZV“).

Pro zjednodušení popisu směrů se zavedl systém světových stran:

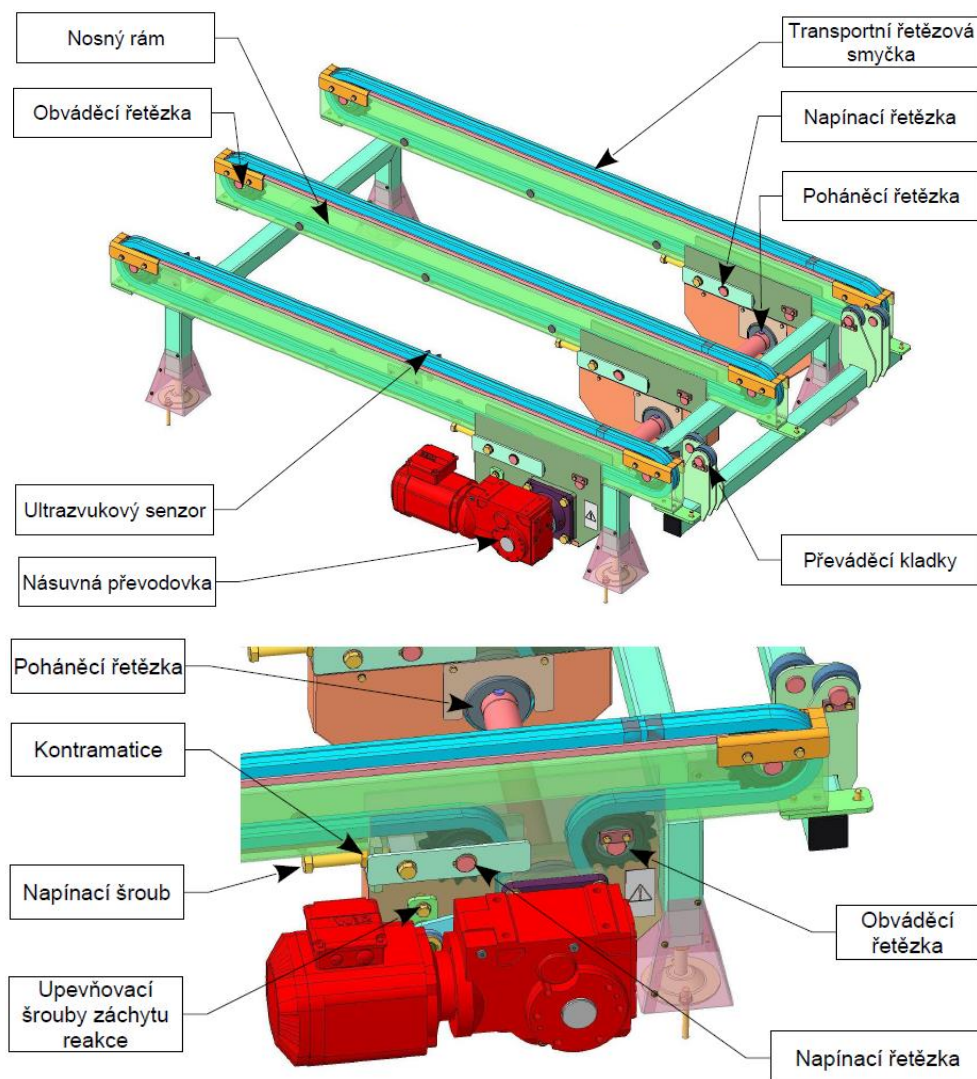
- **Východ:** směr ke skladu (řetězové dopravníky).
- **Západ:** směr k linkám (řetězové dopravníky).
- **Sever:** směr od výstupu linek (válečkové dopravníky).
- **Jih:** směr k výstupu linek (válečkové dopravníky).

Dálnice je rozdělena do 12 sekcí, z nichž každá obsahuje alespoň 20 řetězových dopravníků a jednu oblast překladačů. Pro zaručení bezkolizního předávání palet mezi dopravníky je zajištěna komunikace pomocí 4 PLC řídicích systémů napojených na jeden hlavní. Software analyzuje současné pozice palet a podle toho určuje jejich dráhu. Tuto je schopna dálnice i upravit v případě, že se na jedné z kolejí vytvoří omezení. Pozice palet se určuje za pomoci ultrazvukových čidel, které se spínají v případě indikace palety nad nimi. Samotné pohyby se pak provádějí většinou na základě přesné aktuální pozice palety, ale i časově v závislosti na posledním zakrytém čidlu. Druhá možnost se využívá například v místech, kde je zapotřebí přiblížit dvě palety k sobě (u výstupu do skladu).

**Řetězové dopravníky** jsou největší součástí linky. Celkově se jich v zařízení objevuje kolem 180 a je s nimi překonávána vzdálenost blízká se kilometru na kolej. Jejich samotná konstrukce je však vcelku klasická. Pro zaručení stability jsou na každém dopravníku umístěny tři řetězy na krajích a uprostřed, které jsou všechny poháněny jedním pohonem v podobě elektromotoru umístěným na kraji dopravníku. Řetězy jsou s pohonem spojeny pomocí jedné hřídele uložené v ložiskách, na které jsou umístěna tři řetězová kola sloužící k přenosu síly. Na každém individuálním řetězu jsou pak umístěna ještě další řetězová kola. Dvě na okrajích slouží k obratu řetězu a dvě pro vedení řetězu z přepravní roviny k pohonné hřídeli.

Jedna z nich navíc slouží k utažení řetězu v případě nadměrného uvolnění. Utažení se provádí pomocí šroubu kolmému na osu utahovacího kola, který mechanismem posouvá její osu vodorovně nad osu řetězového kola pohonné.

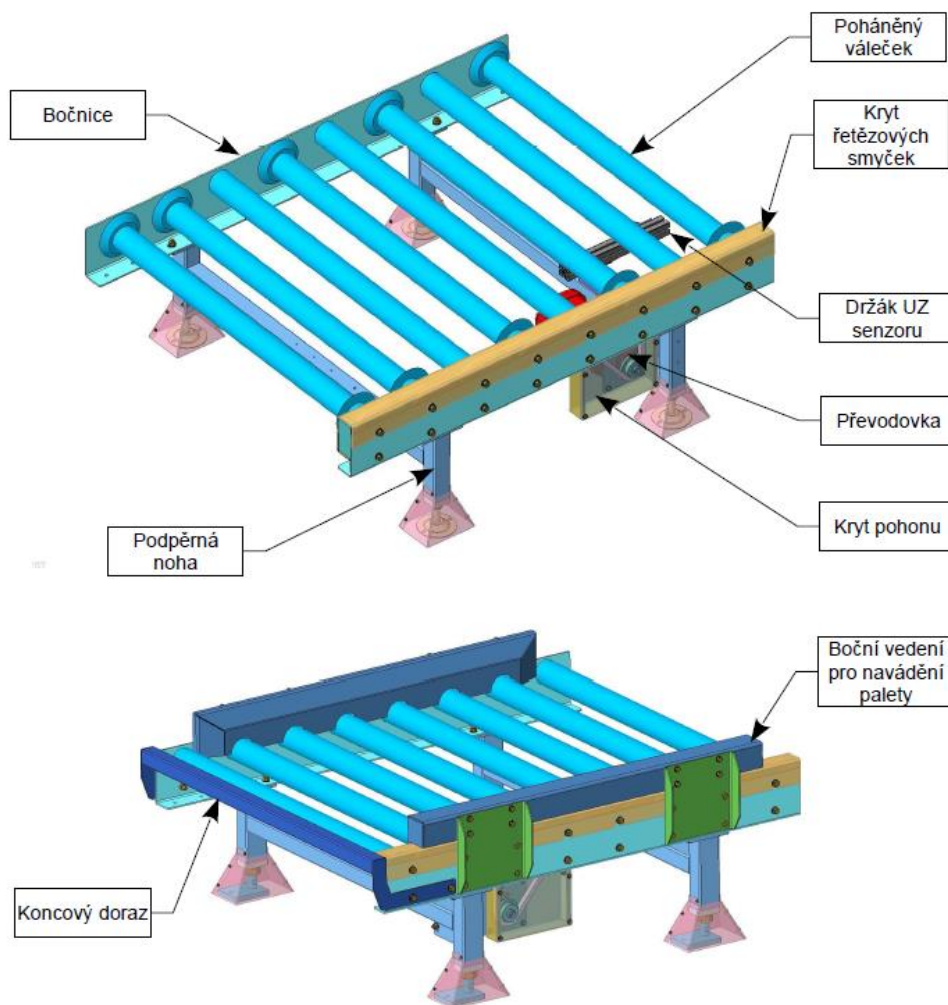
Samotná konstrukce dopravníků je pak řešena převážně pomocí profilů různých průřezů a na okrajích řetězů jsou mosazné kryty z montážních důvodů. Každý dopravník je osazen alespoň dvěma ultrazvukovými čidly na okrajích, ale u dopravníků o přenosné délce 3,2 m a 4,5 m je ve většině případů umístěno čidlo i ve středu délky, což slouží k lepšímu určení pozice palet, ale také ke zvýšení počtu pozic, na kterých může paleta čekat v případě poruchy. Samotná rychlost přenosu palety je nastavena na 0,23 m/s, ale je během provozu často zpomalována v průběhu kontrolního čtení etiket nebo bezpečného dojíždění na konec dopravníku.



Obrázek 17: Řetězový dopravník. [31]

**Válečkové dopravníky** jsou používány převážně pro přenos palet z jednotlivých rovnoběžných kolejí řetězových dopravníků. Umístění válečků mezi řetězy umožňuje snadné křížení mezi těmito kolmými směry. V kombinaci se zdvihem se proto získává zařízení výrobcem nazývané překladač. V jedné ze sekcí v blízkosti skladu je potřeba převézt palety několik metrů směrem na jih, a tam jsou válečkové dopravníky využívány pro překonání větší vzdálenosti. Jejich přepravní délka je vždy stejná; 1,2 m na dopravník.

Konstrukce dopravníků bez zdvihu je také v zásadě jednoduchá. Elektromotor převážně až o polovinu menší velikosti než u řetězových dopravníků je opět umístěn na kraji dopravníku. Ten je spojen s válečky pouze jednou rozetou na okraji, která řetězem o velikosti ¼ palce přenáší sílu na dva z válečků. Ty přenáší sílu na další sousedící válečky pomocí individuálních smyček. Dopravníky jsou opět osazeny dvěma čidly na okrajích. Vzhledem k zakrytí smyček k přenosu síly se na okraji zařízení vytváří kryt, na který je oproti řetězovým dopravníků možné upevnit vyrovnávací konstrukci pro palety. Některé z válečkových dopravníků jsou také osazeny vážicím mechanismem palet pro kontrolu kvality.

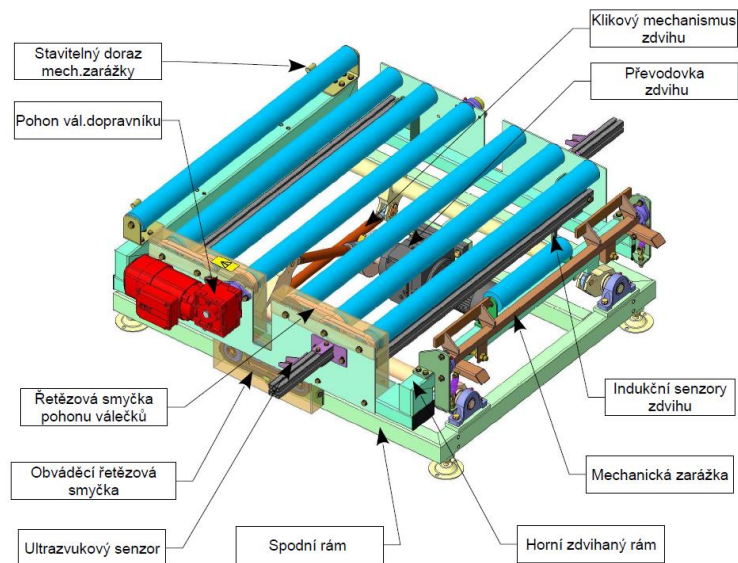


Obrázek 18: Válečkový dopravník. [31]

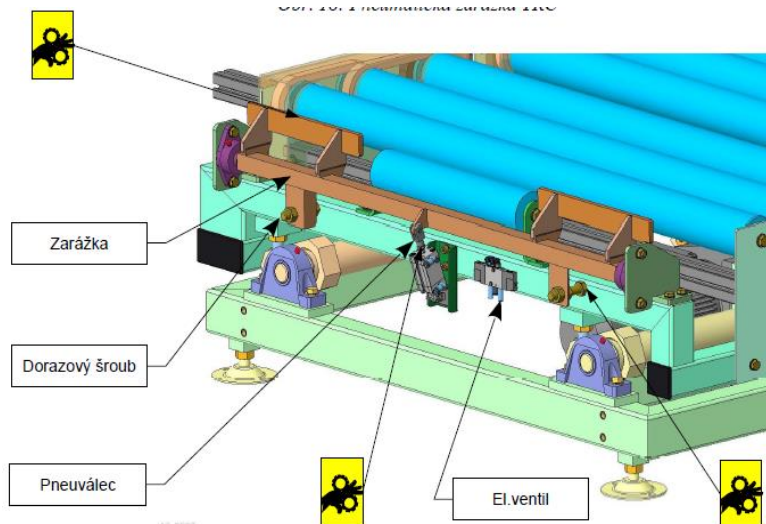
**Překladače** slouží, jak už bylo uvedeno, ke změně směru palety. Řetězové dopravníky jsou instalovány na tento překladač disponující válečkovými dopravníky a zdvihovým mechanismem, který válečky zvedá nad či pod úroveň řetězů, a tím umožňuje přenášení palet mezi jednotlivými kolejemi. I tyto překladače mají ultrazvuková čidla na svých krajích. V jejich případě se ovšem software řídicí logistiku na dálnici stává složitějším, jelikož vyhodnocuje nejen pozici palety, ale i pozici zdvihu. Ta je řešena pomocí indukčních čidel reagujících na ocelový plíšek pevně přidělaný na zvedající se konstrukci. Program tedy před každým překladačem zkontroluje, že je ve správně výšce, a paleta může cestovat požadovaným směrem. Zdvih je mechanicky řešen pomocí klikového mechanismu přenášejího sílu na dvě hřídele, které na svých koncích mají umístěné hlavice svým tvarem zvedající a podpírající konstrukci.

Důležitým prvkem překladačů je tzv. zarážka (brzda, doraz). Ta je umístěna na koncích a slouží k zabránění přenosu palet mimo pozici vhodnou pro jejich převoz na řetězech. Zároveň

se na většině pozic palety částečně vyrovnávají díky tomu, že program pokračuje s protáčením válečků několik sekund po tom, co paleta dosáhne konečné polohy. Brzdy jsou buď mechanické v podobě pevných válečků a plíšků, jejichž zdvih jde současně se zdvihem dopravníku. Na některých místech, kde je potřeba spolehlivě vyrovnávat palety na více pozicích během přepravy v jedné dráze, je překladač opatřen elektromechanickými brzdami, které mají svůj vlastní mechanismus zdvihu implementovaný do software dálnice. Ten funguje na podobném principu jako samotný překladač.



Obrázek 19: Překladač. [31]

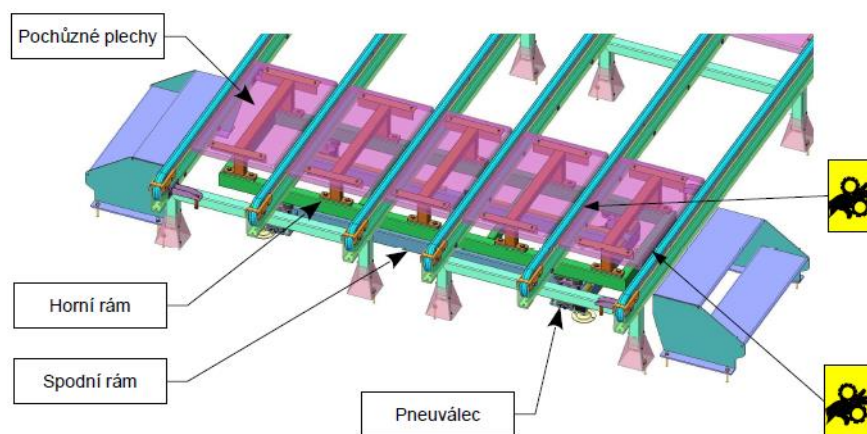


Obrázek 20: Pneumatická zarážka. [31]

**Přechody** jsou jedním z bezpečnostních prvků dálnice. Jejich přítomnost je ale esenciální, jelikož je dálnice oplocena pletivem po celé své délce, a dostat se tak na jednu či druhou stranu by bez nich bylo během provozu nemožné. Přechody jsou na válečkových



dopravnících řešeny pomocí obyčejných plechů ve výšce asi o 5 mm níže, než jsou válečky. U řetězových dopravníků je vytvořen pneumatický zdvih plechů mezi řetězy. Pro vstup do přechodu je potřeba program řídící logistiku dálnice informovat stisknutím tlačítka. Ten plynule zastaví pohyb kolem přechodu, v případě řetězových dopravníků zvedne pochozí plechy a se zvukovým signálem otevře zámek dveří. Po přechodu je potřeba zámek opět uzamknout pomocí druhého tlačítka. Hranice přechodu jsou hlídány pomocí prostorových skenerů, které skenují oblast z obou stran v rozsahu cca 160 °. V případě překročení daného perimetru v rámci bezpečnosti dojde k vyhození hlavních stykačů dané sekce.



Obrázek 21: Přechod. [31]

**Bezpečnostní prvky** spolu s čidly jsou všechny dodávány od firmy SICK. Kromě již zmíněných ultrazvukových a indukčních čidel či prostorových skenerů u přechodů se na dálnici ve velkém měřítku využívají optické závory. Ty jsou na okraji každé sekce. Software má jasně nastavenou logiku těchto bezpečnostních prvků. V každou danou chvíli má program povědomí o tom, zda a na jak dlouho má být která závora sepnuta a v případě abnormalit okamžitě reaguje vypnutím zdroje napětí dané sekce, nebo v případě závor mezi sekcemi vypne obě.

**Sekce dálnice** jsou jednotlivé úseky obsahující klíčové prvky. Každá sekce má svůj sekční **rozvaděč** nazývaný **RMXX**, kde XX jsou čísla od 10 do 21 podle sekce. V tomto rozvaděči jsou umístěny obvody a frekvenční měniče pohonů. Na rozvaděči je dotyková obrazovka, na které jsou vyobrazeny všechny dopravníky dané sekce a jejich momentální status (v pohybu, čeká na odvoz, čeká na přívoz). Případně je možnost překliknout na detailnější pohled, kde se dá navíc kontrolovat činnost čidel či pozice zdvihů. Jejich rozdělení není dané podle žádného jasného klíče, ale rozhodně je znatelných několik aspektů tohoto rozdělení, které jsem pozoroval:

- PLC řídicí systémy mají omezený výkon a ten může být v obdobích velkého vytížení dálnice značně testován. Rozdělení sekcí umožní tento výkon lépe distribuovat, i když je na celou dálnici pouze 5 PLC systémů, z nichž jeden je hlavním, zastřešujícím.
- Každá sekce má lehce rozpoznatelnou perimetrizaci. Na začátku se dají snadno rozpoznat podle ústíčních linek, u skladu se rozdělují na klíčových pozicích (změna směrů, změna hodnoty počtu dopravníků). Jasně definované vlastnosti hranice sekcí ale nejsou, každá je pouze na vhodných místech mezi dopravníky oddělena optickou závorou.
- Pro každý dopravník je přirozeně potřeba frekvenční měnič pro řízení pohonů. Umístění více jak 180 výkonných frekvenčních měničů do jedné skříně není lehké ani rozumné řešení.
- Během některých softwarových poruch zařízení je potřeba přepnout dálnici do manuálního řízení. To se provádí právě na obrazovkách sekčních rozvaděčů, a bylo by značně nebezpečné provádět manipulaci s paletami na velké vzdálenosti bez očního kontaktu.
- Navigace mezi jednotlivými dopravníky a jejich skupinami (tzv. HMI) by bez určitých segmentací byla skoro nemožná.

Jak již bylo uvedeno, dálnice manipuluje s paletami v podstatě autonomně. Je samozřejmě náchylná na velkou spoustu problémů, kterým se budu věnovat v dalších kapitolách, ale v běžném režimu by měla fungovat bez zásahu operátorů. Pokud je potřeba takový zásah, je na počítačích u jednotlivých stanovišť nainstalované tzv. HMI, což je software umožňující komunikaci s logistickým programem dálnice. Jeho samotnou logiku tam neupravíme, ale je možné nastavit omezení či odeslat určité palety na určitá jiná místa, než jim bylo původně systémem přiděleno. Tyto palety program identifikuje pomocí čísla objednávky uvedeného na etiketě, který se načte při vstupu do dálnice. V tomto programu nejsou dopravníky vnímány individuálně, jako tomu je na obrazovkách rozvaděčů, ale jsou namísto toho seskupeny do jednotlivých číselně označených úseků mezi překladači. To usnadňuje komunikaci a navigaci v programu, jelikož nás během převážení palet zajímají pouze uzlové body (překladače).



## 5. Návrhy a způsoby zavádění systémů do provozu paletové dálnice

Před samotnou snahou o implementaci postupů uvedených v teoretické části práce je potřeba jasně definovat v jejich smyslu dálnici a její výhody a nevýhody, ale především její rozdíly oproti běžné výrobní lince. Přestože se jedná pouze o soubor dopravníků, existují určité funkce a procesy, které dálnice provádí, a které vytváří přidanou hodnotu nad pouhý přenos palet z místa A do místa B. Možnost zapojit několik linek a zároveň do budoucna i připojení dalších linek, vytváří z dálnice jakési třídící zařízení, do kterého je vedeno několik palet s různými cílovými destinacemi. Ty jsou za předpokladu stoprocentní spolehlivosti zařízení vždy dopraveny na své místo bez toho, aniž by byl třeba lidský zásah. Z toho důvodu bych definoval dálnici jako samostatnou linku stojící na konci všech ostatních výrobních linek.

Největší výhodou dálnice je teoretická jednoduchost zařízení. Dopravníky snadné a ověřené konstrukce jsou seřazeny a jako jejich „oči“ slouží ultrazvuková čidla. „Mozkem“ je pak již zmíněný PLC Procesor. Takový systém teoreticky funguje bez zásahů. Zjevným benefitem je bezpečnost, zařízení je celé oploceno a skoro úplně eliminuje kontakt pracovníků s VZV v běžné výrobě. Dálnice funguje jako přirozený buffer pro případ zpomalení ve skladu. Ovládání je snadné a intuitivní.

Naprosto největší nevýhodou zařízení je jeho velikost. Vzhledem ke konstrukci a k funkci je nejlepším řešením provádět činnosti údržby najednou na celém zařízení. To je navíc obtížné ve chvíli, kdy je na něm takřka nepřetržitý provoz. Dálnice má sice období, kdy je nedostatečně vytížena, a je tak možné provádět menší zásahy, ale například úklid celé sekce může trvat dostatečně dlouho na omezení výroby i jedné linky, a navíc vyžaduje mnoho pracovníků pro uskutečnění v rozumném čase. Další nevýhodou je uzavřená konstrukce řetězů. Celá konstrukce je postavena z trubek čtvercových průřezů za účelem podepření váhy palet, která se pohybuje kolem 700 kg. Přesto se jedná o velké omezení při řešení některých bodů autonomní i plánované údržby. Především pak řešení náhlých poškození je zdlouhavé a pracné.

## 5.1 Analýza stavu z pohledu eliminace ztrát

Ve společnosti Procter & Gamble se využívá několika systémů sloužících ke zjištění, evidenci a následné eliminaci ztrát. Většina těchto systémů je postavená na určitém druhu online databáze, která se pak sdílí mezi jednotlivými směnami. Nejvýznamnější je databáze pro evidenci defektů a databáze pro evidenci stopů zařízení. Tyto databáze jsou unikátní pro společnost, a proto budu definovat jejich obecnou funkci.

Databáze pro evidenci defektů funguje na bázi vstupů od pracovníků. Pracovník zaznamená nedostatek na zařízení a předá ho společnosti. Do této databáze je zavedena i linka paletová dálnice. Využívání je přesto málo časté, a především u paletové dálnice mnoho operátorů stále preferuje ústní předávání. Dálnice navíc neměla svojí reprezentaci v systému probíraném pracovníky údržby, a tak se zřídka řešily defekty v něm uvedené. Naproti tomu je ovšem výskyt defektů ve smyslu elektromechanickém málo častý, a zařízení je v běžném provozu dosti houževnaté. Výměny elektromotorů či převodovek jsou ojedinělé, stejně tak strojní součásti byly za skoro 5 let existence linky takřka neměněny. Navíc je často možné zprovoznit dopravníky, které jeví zásadní problémy ve funkci, a zařízení daný problém neopakuje až několik dní.

Databáze pro evidenci stopů zařízení je hlavním klíčem pro zjišťování chyb. Tyto stopy, stejně jako celý pohyb, jsou řízeny pomocí PLC procesoru, který díky kontrolním prvkům může zjistit nějakou závadu na stroji a odeslat kód serveru. Následně zpracovaná informace se v databázi objeví jako chybové hlášení s nastaveným popisem. Tento popis se buď realizuje automaticky, anebo se musí následně doplnit operátorem, který se s případem vypořádal.

Automatické zastavení linky je v tuto chvíli nastaveno na několik základních prvků. Ty především se objevující jsou:

### **Spojené s frekvenčním měničem**

- **Timeout dopravníku:** Nejčastěji se objevující. Zařízení toto hlásí ve chvíli, kdy dojde k chybě komunikace dopravníku, ten raději ukončil svoji funkci. Takový stop může vzniknout mnoha způsoby, které budeme řešit v následujících kapitolách, ale v drtivé většině se jedná o chybu bez většího rizika.
- **Přetížení měniče:** Tato chyba je navázána na přívod zátěže na frekvenční měnič. Při přetížení dojde k vypnutí daného pohonu dopravníku. Toto přetížení může

vzniknout mnoha způsoby, jelikož elektromotory zařízení jsou schopny dodat mnohem větší výkon, než jaký využívá frekvenční měnič. Nejčastěji se tak děje na rozdíl od Timeoutu ve vztahu k mechanické části dálnice, kdy se palety či dopravníky nečekaně o něco zachytí.

- **CPU a jiná chyba měniče:** Tyto chyby doplňují poruchy na zařízení z pohledu elektronické části věci. Jedná se o nejméně častý stop z těchto tří a nejčastěji jej má krom zjevné chyby procesoru (CPU) za následek i poškození tzv. safety core, neboli bezpečnostního prvku měniče.

#### **Spojené s bezpečnostními prvky**

- **Odpojení hlavních stykačů:** Optické závory a skenery v zařízení jsou napojeny na bezpečnostní odpojovač, který okamžitě po jejich sepnutí vyhodí stykače a ukončí tím tak funkci dálnice. Krom bran pro přívoz a odvoz palet vně dálnice, které mají obvody pro dočasné vypnutí těchto prvků při ukládání palet, se tak stane vždy, když dálnice podle systému neočekává v daném místě paletu.
- **Optické závory:** I optické závory fungují v souvislosti s určitým časovačem. Pokud paleta stojí v oblasti se závorou příliš dlouho, závora potřebuje reset a odešle toto chybové hlášení.

#### **Ostatní**

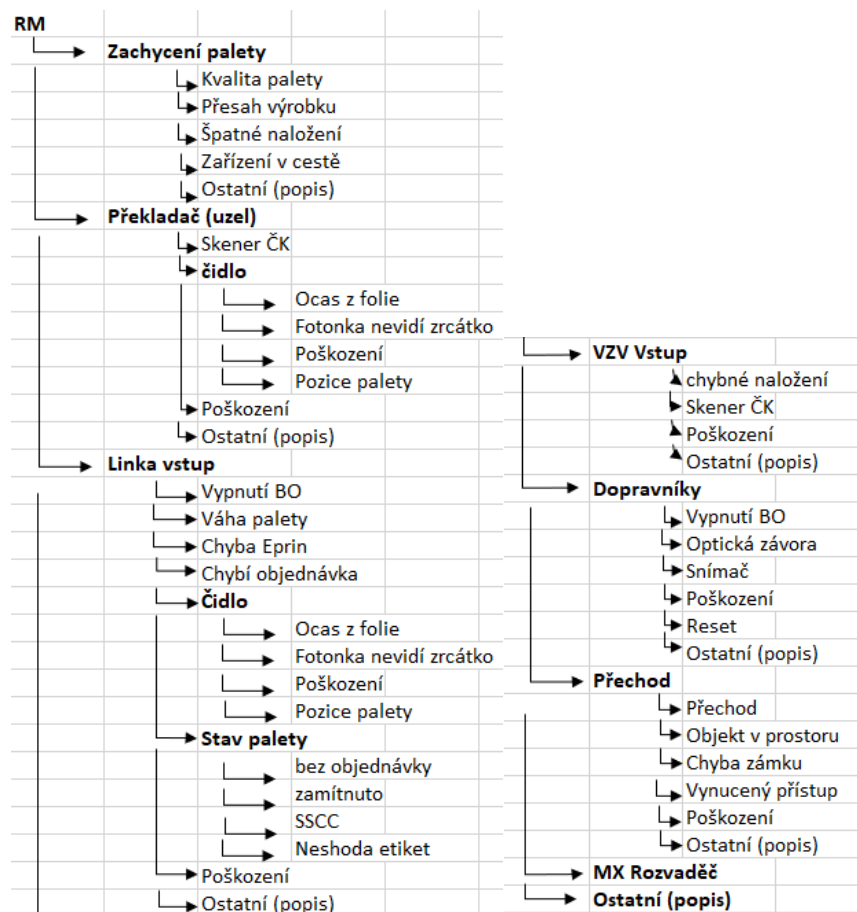
- **Softstop sekce:** Pokud chceme provádět práci uvnitř dálnice, ať už se jedná o osobní vnik, nebo o posun palety v manuálním režimu, je potřeba nejprve zastavit právě probíhající pohyb v zařízení. K tomu slouží právě tlačítko nazývané Softstop, neboli mírné zastavení. I tento stop, přestože je proveden účelově, je v systému evidován.
- **Starvováno:** Nastane ve chvíli, kdy není dodáván materiál ke zpracování z předchozí sekce. Pro funkci dálnice není třeba tuto skutečnost sledovat a hlášení chyby bylo vypnuto (z anglického Starve – Hladověť).
- **Blokováno:** Nastane ve chvíli, kdy není možné odeslat materiál do další sekce. Jedná se o skutečnost, která také není podstatná pro funkci dálnice.

Je zjevné, že všechna tato chybová hlášení, přestože jsou užitečná, nepřesně definují podstatu problému, a u každého je možné a bude popsáno několik situací, kvůli kterým nastala. Jejich hlavním účelem je však rychle registrovat zastavení v systému a možnost ho v dostatečném časovém horizontu řešit. Často problém okamžitě vyřeší pouze reset příslušného dopravníku na rozvaděči sekce, ale také to ne vždy zamezí opakování problému, a proto je důležitá definice ztrát na zařízení z pohledu operátora. Taková definice bude jedním z prvních bodů mé práce z pohledu eliminace ztrát.

### **5.1.2 Nastavení a kontrola stopů na zařízení**

Nejprve je potřeba zjistit, jaké vlastně stopy se na zařízení vyskytují. Vzhledem k tomu, že databáze je v tuto chvíli značně nepřesná, rozhodl jsem se je definovat podle příručky zpracované předchozími pracovníky. Ta definovala stopy do několika kategorií především podle způsobu, jakým se chyba projevuje. Já jsem se rozhodl chyby rozdělit spíše podle jednotlivých prvků, kterých se týkají. Bez znalosti dalších vlivů jsem vypracoval prvotní návrh „stromu“ kategorií problémů (viz obr.22). Primárně body pochází z příručky, ale byly mnou doplněny o několik zjevných případů, jako je např. vliv přechodů.

Následně je třeba posoudit vlivy z pohledu strojního zařízení. Přestože chyba hlásí přetížení, může se její podstata skrývat v poškození jedné ze strojních částí zařízení. Proto jsem je spolu s elektrickými prvky přidal do „stromu“ jako body. Zároveň jsem získal zkušenosti operátorů, a na základě jejich praktických znalostí jsem přidal vlivy způsobené kvalitou, pohybem a balením palet, jako je jejich špatná kvalita nebo jejich posunutí, stočení či špatné zabalení. Zároveň jsem zjistil, že systém hlásící chyby na rozvaděčích má neúplně nastavený kalendář, a proto jsem jako řešení implementoval zápis nejčastějších chybových kódů zapsaných na HMI u vypadlého dopravníku pro pozdější dohledání. Ten často koresponduje s automatickými stopy, ale jak timeout (časté 5), tak přetížení (časté 8) mohou nastat i s jiným číslem. Tato čísla jsou pak sumarizována v tabulce, ve které je dále popsáno, jaký pravděpodobný problém mohl nastat.



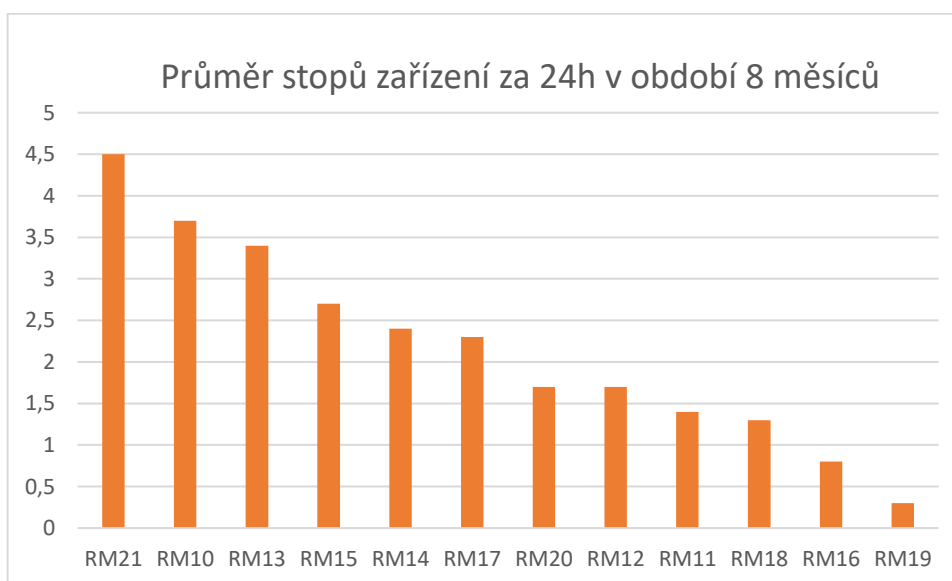
Obrázek 22: Strom možných příčin zavedený do systému kontroly stopů.

Posledním prvkem před analýzou a kontrolou stopů je prozkoumat funkčnost automatických stopů. Jak jsem již definoval, PLC při zastavení odešle chybový kód. Databáze pak k tomuto kódu přiřadí text. Je možné nastavit, že jednomu textu bude odpovídat několik PLC kódů. Takové řešení není ale optimální. Několikrát ještě zmíním velikost zařízení, která i zde komplikuje práci. Nastavené alarmy jsou tak v tuto chvíli značně kategorizované a v některých sekcích úplně chybí. Databáze pro kontrolu stopů „vyhodí“ chybové hlášení, sekce se zastaví, ale operátor nevidí žádný popis. Proto jsem si opatřil všechny PLC kódy, které byly zavedeny při programování funkce dálnice, a upravil databázi, aby popsala vše z co nejdetajnějšího pohledu. Jednotlivé body korespondují se zmíněnými automatickými stopy výše a dále jsem rozdělil některé kódy bezpečnosti a přidal vliv pohonů určitých prvků.

### 5.1.3 Analýza zkoumaných stopů

Pro dobré zhodnocení dat o stopech je potřeba dobré zapsání objevených stopů. Vzhledem k tomu, že linka je v provozu 24 hodiny denně, bylo při provádění analýzy vycházeno z vlastního zkoumání doplněného o definice stopů realizované kompetentními operátory. Vyplnění definice stopů je v gesci operátorů, z mnoha důvodů se ovšem zápis ne vždy kvalitně vydařil. Proto jsem přistoupil k analýze dat ze dvou pohledů. Celkový počet stopů od začátku mého zkoumání rozdělený na sekce a detailnější analýza stopů za období 21 dní, kdy docházelo k relativně úspěšnému zápisu.

Nejprve se tedy podíváme na celkový seznam stopů podle sekcí. Tento pohled nám napomůže k pochopení, jaké sekce se historicky jevily jako nejproblémovější. Jednotlivé sekce jsem v kapitole 4 detailněji nepopsal, nicméně jsem zmínil jejich segmentaci na základě určitých prvků. Při této analýze se projeví, jaký vliv mají jednotlivé prvky na jednotlivé sekce a jejich poruchy.



Obrázek 23: Průměr stopů zařízení za 24 h v období 8 měsíců.

Jako první jde o sekci RM21. Jedná se o poslední sekci, jež je sestavena z pěti kolejí namísto dvou. Je tomu tak pro rychlejší zaskladnění či naložení palet VZV a zároveň prostornější buffer. Velkou roli při zkoumání daných stopů hraje operace. Po dobu zkoumání dálnice proběhlo několik iniciativ, které napomohly řidičům VZV ve správném zacházení s dálnicí. To vedlo ke snížení zastavení výpadkem optických bran, jež při nesprávném použití přetížily jističe dálnice.

Další sekcí je RM10. Ta je naopak první částí a je výstupem pro linky tekutých prostředků na mytí nádobí. Jejich palety jsou zpravidla objemné a mají vysokou hmotnost. Navíc často využívají anglických velikostí palet, což ještě více ztěžuje jejich pohyb po dálnici a v mnoha případech vede k jejich manuálnímu dorovnání buď funkcí dálnice anebo přímo uvnitř zařízení za pomoci ocelové tyče. Zároveň byla tato sekce historicky náchylná na timeout a prakticky je jednou z nejméně udržovaných.

Podobně je tomu u RM13. Manuální posun je často se opakující činnost, která se musí provádět v případě přejetí etiketovacího místa u jedné z linek. Zároveň je sekce podobně jako RM10 náchylná na timeout vypadávání určitých dopravníků. U této sekce to lze přisoudit starší verzi PLC.

Poslední prominentní sekcí v tomto grafu je sekce RM15. Tato sekce obsahuje nejdostupnější výstup palet mimo sklad. S tímto výstupem je ovšem často potřeba manipulovat manuálně. Přestože se z podstaty jeho funkce omezení sekce RM15 při občasné manipulaci nelze vyhnout, jsou viditelné vážné vady funkce tohoto výstupu.

Ostatní sekce podléhají spíše jednorázovým problémům. Sekce RM14 měla v určitém období problém s jedním dopravníkem, který se zastavil s oznámením přetížení až 5x za den. Tento problém se vyřešil opravou pohonu. Sekce RM20 často koreluje s problémy vzniklými v sekci RM21.

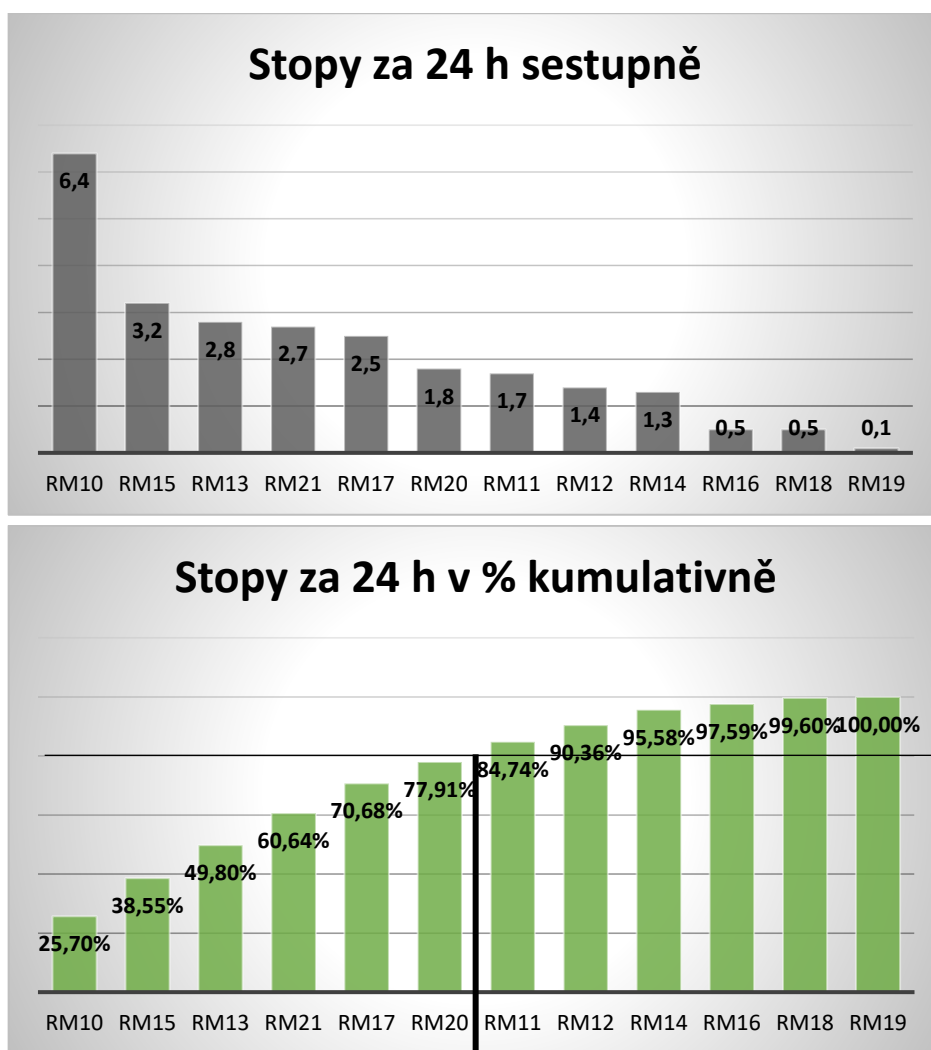
Pro analýzu detailních stopů z kratšího období je potřeba udělat několik úprav dat. Přestože je popis obsáhlejší, stále existuje několik případů, kdy neexistuje žádný. Tato data je třeba vyfiltrovat. Z tab.1 je ovšem patrné, že rozložení nepopsaných zastavení je dostatečně rovnoměrné a jejich počet je k celkovému počtu nízký. Pořadí sekcí se nezměnilo, až na sekci 12 a 20. Pro provedení Paretovy analýzy je tato vada navíc díky rovnoměrnosti irelevantní. Z těchto dat ovšem plyne zajímavá informace. Pokud by nezapsaná data reprezentovala všechna jeden problém, převýšila by svou četností všechny sekce. Proto je nutné zapisovat vše, jakkoli se v daný moment může problém jevit jako výjimka a v jednotlivých sekcích jde o ojedinělý stav. V konečném důsledku mi to umožní lépe se soustředit na získané informace, aniž by došlo k markantnímu znehodnocení dat mého statistického souboru.

Pro provedení analýzy je potřeba seřadit stopy sestupně a vytvořit jejich kumulativní hodnoty v procentech. Toto jsem provedl v tab. 1. Následující grafy znázorňují sestupně stopy

a následně jejich vizualizaci v % kumulativně. Do toho stejného grafu jsem rovnou označil oblast Paretovy analýzy.

Tabulka 1: Počet stopů na 24 h všech sekcí ve zkoumaném období.

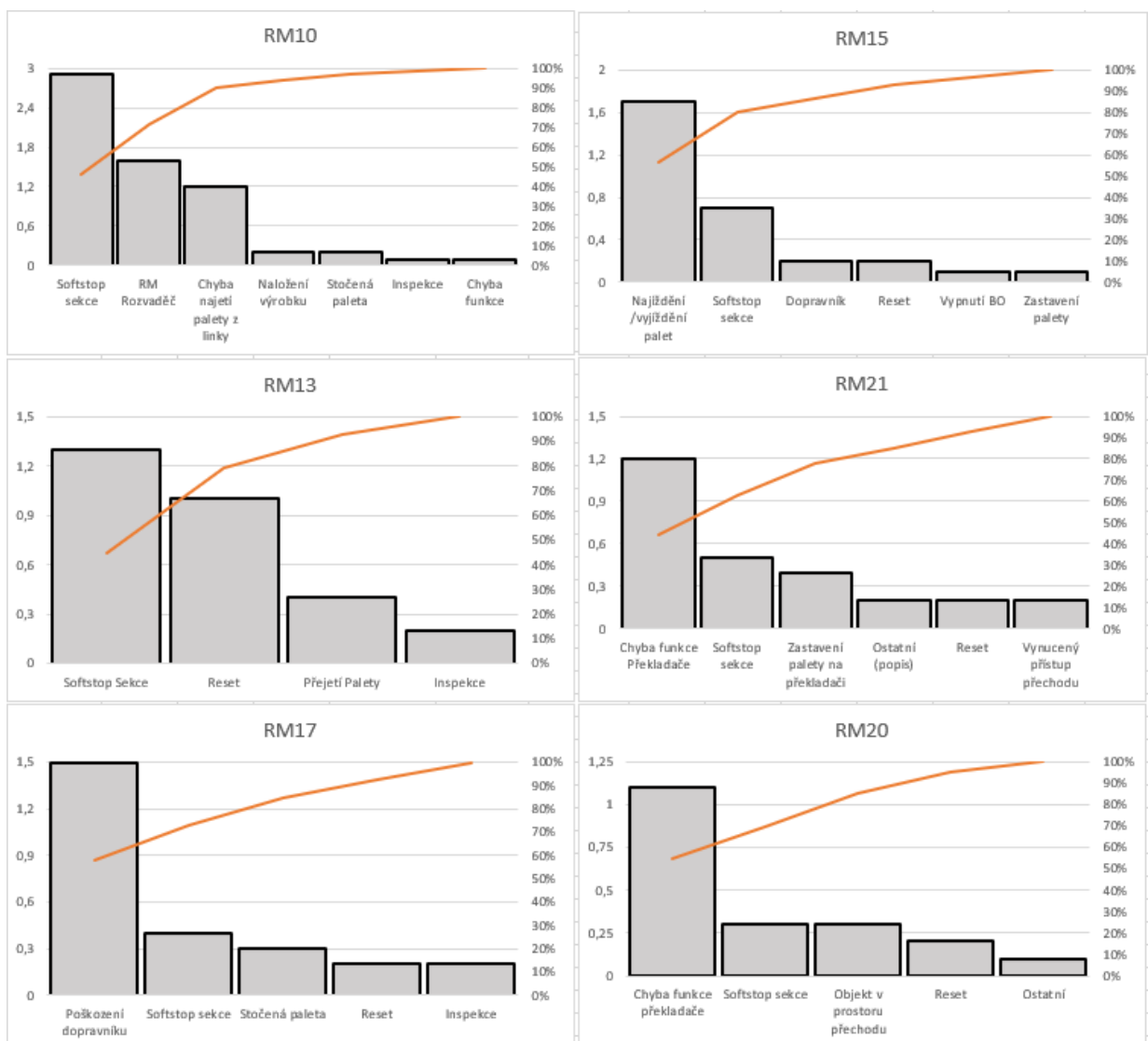
	Stopy celkem/24 h	Prázdné/24 h		Definované stopy/24 h	Kumulativní [-]	Kumulativní [%]
RM10	7,5	1,1	RM10	6,4	6,4	25,70 %
RM15	4,1	0,9	RM15	3,2	9,6	38,55 %
RM13	3,8	1	RM13	2,8	12,4	49,80 %
RM21	2,9	0,2	RM21	2,7	15,1	60,64 %
RM17	2,8	0,3	RM17	2,5	17,6	70,68 %
RM12	2,5	1,1	RM20	1,8	19,4	77,91 %
RM11	2,3	0,6	RM11	1,7	21,1	84,74 %
RM20	2,2	0,4	RM12	1,4	22,5	90,36 %
RM14	1,7	0,4	RM14	1,3	23,8	95,58 %
RM16	0,7	0,2	RM16	0,5	24,3	97,59 %
RM18	0,7	0,2	RM18	0,5	24,8	99,60 %
RM19	0,4	0,3	RM19	0,1	24,9	100,00 %



Obrázek 24: Grafy stopů za 24 h ve zkoumaném období.



Sekce, v nichž se udála zastavení, která budu hlouběji analyzovat, jsou sekce RM10, RM15, RM13, RM21, RM17 a RM20. Data z jednotlivých sekcí následně porovnám s celkovými daty všech sekcí dohromady. Následující grafy obsahují detailnější popis jednotlivých zastavení. Sloupce reprezentují počet stopů za den, oranžová čára je kumulativní hodnota všech stopů v procentech. Svou relevanci v celém procesu analýzy dat má často se opakující „softstop sekce“. Vznik je popsán v předchozí kapitole. V drtivé většině případů se jedná o doplňující jev nápravy jiných abnormalit. I v tomto souboru dat tomu tak je u všech problémů v období vzniklých. Následuje analýza stopů a krátký popis akcí k řešení identifikovaných problémů.



Obrázek 25: Grafy stopů u jednotlivých sekcí dálnice sestupně s Lorenzovou křivkou.

- **RM10** – *RM Rozvaděč, Chyba najetí z linky.*

Ve zkoumaném období došlo k poruše v databázi odečítání palet. Problém vyvolal téměř všechny stopy v grafu uvedené. Je důležité zmínit, že v sekci je často unáhleně používáno manuálního posunu palet, což se odráží na počtu „softstopů“. Ostatní body jsem již komentoval u předchozího grafu.

- **RM15** – *Najíždění palet*

Výstup palet pro inspekci s označením F/P6 obsahuje výtah, jehož funkce není vždy automatická. Navíc obsahuje točnu a čidlo na přeložení palety. Výstup byl instalován zpětně. Čištěním čidel a částečnou úpravou logiky programu došlo ke snížení problémů, nicméně tyto jsou stále prominentní. Vzhledem k různorodosti jsou sbírána data o všech poruchách a dochází k dohodě s programátorem a mechaniky. Je to jeden z problémů, k jehož řešení lze využít Ishikawova diagramu.

- **RM13** – *Reset, Přejetí palety*

Na jedné z linek dochází k přejetí palety v místě, kde má být aplikována etiketa. Následuje manuální posunutí zpět na pozici (to se opět odráží v softstopu). Jízda je řízená časovačem. Pravděpodobně dochází k samovolnému posunutí na válečkách vlivem nevhodné konečné pozice. Bude instalována kamera pro kontrolu pohybu palety při najíždění na pozici jako jedna z činností zkoumání původu problému. Zároveň se zde objevuje vlastnost dálnice, kde dochází u jednoho dopravníku k častému, ale v čase rozloženému vypadávání, jenž se dá vyřešit pouhým resetem dopravníku na dotykové obrazovce rozvaděče. Inspekce celého dopravníku neukázala žádnou mechanickou chybu. Dalším bodem kontroly je jistě motor, jelikož podobný problém byl dříve detekován v sekci RM14 a inspekce motoru odhalila poškozenou součástku.

- **RM17** – *Poškozený dopravník, Stočená paleta.*

Ve zkoumaném období se v této sekci objevil další běžný úkaz na dálnici. Jeden z dopravníků v této sekci bez přestání zastavoval dálnici. Automatické hlášení evidovalo přetížení. Během řešení byl přítomen jak mechanik, tak elektrikář. Přesto však nebyl identifikován závažnější problém, přičemž po inspekci a očištění čidel byl problém skoro odstraněn (zejména již neomezoval provoz dálnice každou minutu, přesto se ještě po inspekci a čištění vrátil). Jeden z předpokladů stopů přetížení je pohon, ale nabízí se existence kontaminace omezující kluzný pohyb řetězu uvnitř konstrukce. Při jakémkoliv mírném

přetížení se dálnice z bezpečnostních důvodů raději zastaví. Podívat se dovnitř konstrukce je skoro nemožné, jak budu řešit v kapitole o autonomní údržbě.

- **RM20, RM21** – *Chyba funkce překladače*

I třetí často problematický úsek se projevil ve zkoumaném období. Sekce, jak jsem již naznačil, mají značnou korelaci k zastavení vzhledem k umístění rozdělení sekce. Blízko tohoto umístění jsou požární vrata a hned vedle nich přechod. To vede k zastavení palety na překladači bez dojetí na konečnou pozici. Vrata mají navíc moc krátké indukční čidlo pro signalizaci jejich zavření pro dálnici. Jako akce bylo vyměněno čidlo a provedeny opravy opět na pohonu překladače. Tato zastavení překladačů ovšem negenerují automatickou chybovou hlášku v kontrolním systému. Je tomu tak v celé oblasti obou sekcí.

Ze všech informací se dá odvodit, že případy daných sekcí výrazně ovlivňují jejich součásti. Problémy tak nelze jednoduše kategorizovat do určitých skupin a vymyslet strategický postup pro jejich globální řešení. Na druhou stranu je patrné, že v každé sekci je drtivá většina zastavení vlivem jednoho či maximálně dvou jevů (vycházím z Paretovy analýzy a popsaného pozorování). Z toho usuzuji, že lze snížit počet problémů minimálně o polovinu při prioritizaci jednotlivých problémů. Z podstaty věci se nejedná o problematické operační chyby, takže jejich řešení je čistě technického charakteru. Často se objevujícím problematickým prvkem, který nemá dostatečnou kontrolu, je pohon. Jeho kontrole se tedy budu věnovat v kapitole AM.

Z dat lze z pohledu organizace odvodit, že zápis zastavení potřebuje stále několik úprav. V první řadě jsem odstranil kategorie, které by mohly znamenat ve výsledku stejnou věc, a také kategorie, jež mají malou vypovídající hodnotu. Tím dojde k racionalizaci zápisů, což je pozitivní jak pro technika, tak pro zapisující obsluhu. Dalším krokem při kontrole stopů je zahrnutí zápisu i do příkazů „softstop sekce“. Má původní myšlenka směřovala k tomu, že samotné posunutí palety není chybou zařízení. Zápisy ovšem jasně ukazují, že má vždy přímou návaznost na jiné zásadní problémy.

Mimo tyto problémy, jejichž případné řešení jsem nastínil, nebo provedl v kapitolách údržby, jsem pro tuto práci vybral dva případy. Jeden z nich je velmi ilustrativní problematická situace v sekci RM16, jež měla dopad na provoz dálnice mimo zkoumané období. Druhý je již částečně zmíněný problém s otáčením palet, jehož dopad řeším v kapitole 5.1.4.

### 5.1.4 Užití teoreticky definovaných prostředků pro nalezení příčin stanovených problémů

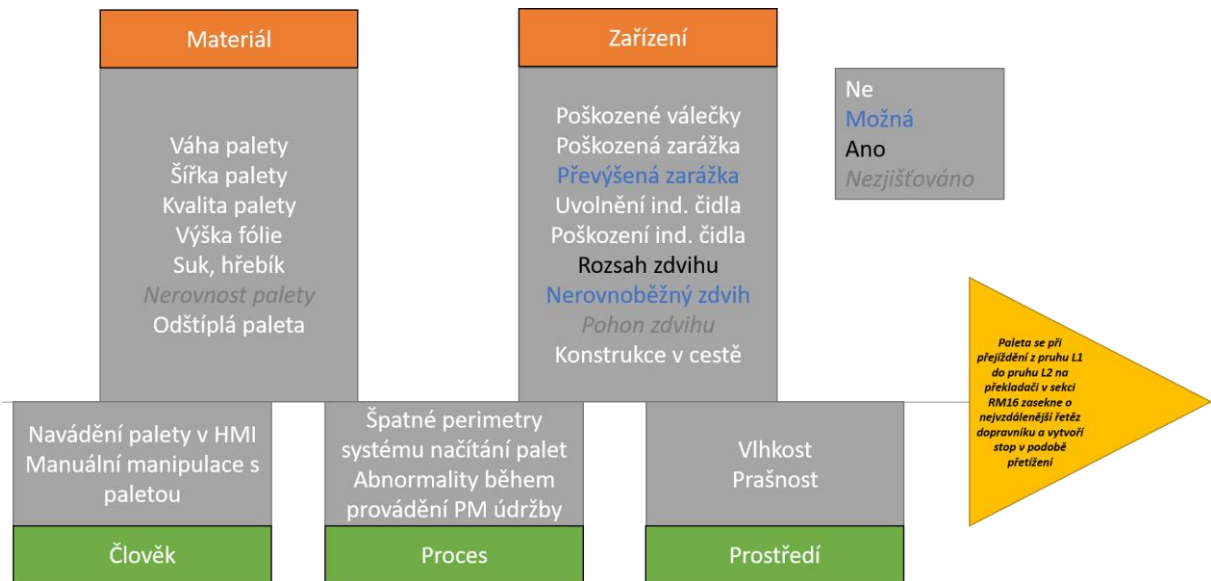
Prvním krokem při nalezení problému je okamžitá akce, která zaručí, že nebude situace omezovat práci výrobní linky. U paletové dálnice je to v drtivé většině případů resetování příslušného dopravníku. Pokud se opakuje problém timeout, může touto akcí být i inspekce a otření ultrazvukových čidel. U opakujících se problémů přetížení (jak vychází z analýzy stopů) je lepší akce než reset často nejasná a k jejich řešení bude vhodné použití definovaných metodik. Pokud dopravníky neodpovídají na reset a nelze s nimi manuálně manipulovat pomocí HMI, restartuje se hlavní PLC.

Pokud se problémy opakují na stejném dopravníku, je potřeba využít metodik diagramu příčin a následků a pěti proč. Před těmito analýzami musím určit tzv. základní podmínky zařízení. K tomu slouží formulář 6W2H. V tomto dokumentu je položeno 6 otázek napomáhajících určení a dodržení základních podmínek práce stroje a zároveň slouží jako zpřesnění a jasné definování problému. Výsledkem této analýzy je souhrn několika vět popisujících co nejpřesněji situaci. Deklarovaný výstup se často využívá jako „hlava“ Ishikawova diagramu. Ten je dalším krokem při řešení problému.

Jedním z takových problémů, který je demonstrativní nejen pro analýzu, ale také ukazuje konstrukční jednoduchost zařízení, je zasekávání palet na překladači v sekci RM16. Výsledkem 6W2H analýzy je tento souhrn:

*„Paleta se při přejíždění z pruhu L1 do pruhu L2 na překladači v sekci RM16 zasekne o nejvzdálenější řetěz dopravníku a vytvoří stop v podobě přetížení.“*

Při vytváření diagramu vypíšu všechny možné příčiny vedoucí k výše vypsánému výsledku. Je vhodné vypsát i ty nejvzdálenější možné případy. Již zmiňovaná jednoduchost dálnice mi dovoluje zapsat prakticky všechny prvky a testovat jejich vliv. Celý diagram je zde:



Obrázek 26: Diagram příčin a následků pro definovaný problém v sekci RM16.

Jednotlivé kosti diagramu jsou rozděleny podle podnikem využívaných metod. Každou budu následně komentovat více a rozeberu některé nejprominentnější body.

### Člověk, proces, prostředí:

Tyto kosti jsou v provozu dálnice takřka zanedbatelné. V diagramu jsem uvedl několik případů, kdy by se mohla objevit příčina v těchto kategoriích. Pro daný případ nejsou ovšem tyto možnosti příčinou, jelikož překládání probíhá automaticky. Lze argumentovat, že funkce překladače nebyla dříve v provozu zapnutá. To je sice procesní změnou, ale překladač jako takový by přesto měl fungovat adekvátně.

### Materiál:

Vzhledem k variabilitě palet, které byly součástí tohoto případu lze předpokládat, že váha není původem. Šířka a kvalita palet odpovídala všem normám, jejichž nesplnění by se projevilo již u předchozích překladačů. Na paletě nebylo identifikováno žádné odšřipnutí. Jeden z bodů, který by mohl být nápomocný při tvorbě problému, je nerovnost spodní části palet, což by způsobilo ponoření palety pod úroveň řetězů. Toto zakřivení nebylo zkoumáno, ale usuzuji, že je pouze doprovodným jevem (projevilo by se už u výjezdu z linky).

### Zařídění:

Vzhledem k zapnutí funkce překladače lze předpokládat, že není plně připraven. Žádné zjevné poškození na zařízení jsem neidentifikoval. Jedním z defektů bylo uvolněné indukční čidlo, jeho upevnění a srovnání ale problém nevyřešilo. Zaměřil jsem se tedy

na samotný mechanismus zdvihu. Jeho promazání a upevnění problém také nevyřešilo. Zbývá pouze zkontrolovat jeho nastavení. Při měření vodováhou nebyl rozdíl paralelních překladačů znatelný. Byla ovšem znatelná relativně nízká úroveň horní pozice zdvihu, která by při mírně horší kvalitě palet mohla vést k zaseknutí o řetěz. Přestože úprava zdvihu problém vyřešila, nebyl dostatečně došetřený vliv pohonu, který by mohl být původem samotného snížení rozsahu z důvodu nižšího výkonu. Jeho kontrola je ovšem problematická, jelikož je těžce odnímatelný ze spodní části překladače.

Výsledným analyzovaným důvodem zastavování přístroje z Ishikawova diagramu je tedy nedostatečná výška zdvihu překladače u dráhy L1, která vznikla nesprávně seřízeným zdvihovým mechanismem. Původní příčinou bude nevyužívání daného překladače. Jak již bylo zmíněno jeho funkce se zapnula pro uvolnění dálnice během poruchy na dráze L2. Proto byl překladač nepřipraven na provádění daných operací a jeho používání bylo rizikové pro kvalitu palet i životnost zařízení. Další pátrání by bylo spíše předmětem analýzy pěti proč. Ta je ovšem vhodnější pro následující problematiku. Překladač byl v rámci řešení problému promazán, mechanismus seřízen, aby polohy čidel odpovídaly rozsahu zdvihu a problém se neopakoval. Po určité době byla funkce opět vypnuta, jelikož v běžném provozu prodlužovala dobu cestování palet. Překladač by ale měl být připravený na jeho opětovné zapnutí.

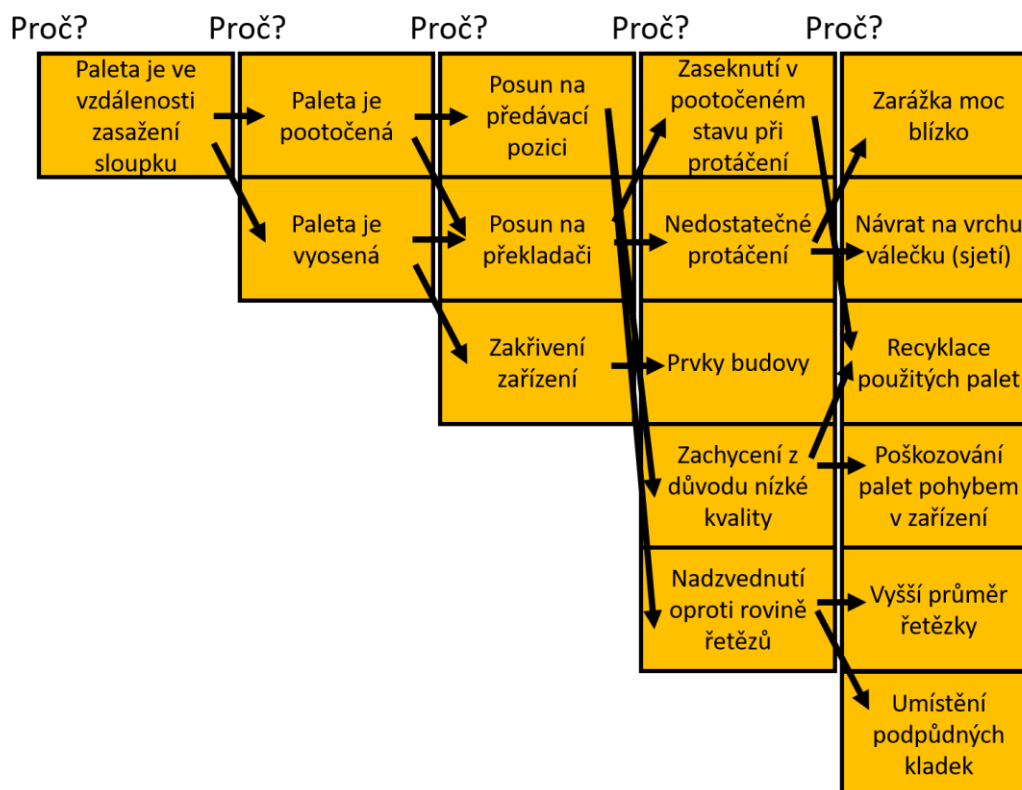
Nejpodstatnějším snadno identifikovatelným problémem je tzv. **stáčení palet**. Tento stop vznikne ve chvíli, kdy se zastaví jeden z dopravníků na přetížení kvůli zaseknutí dopravující se palety. Pro toto zastavení je vhodná analýza pěti proč, jelikož jsou mi známy podmínky a vlivy, při jakých se stop projeví, ale potřebuji znát jejich původní příčinu.

**Problém: Paleta se zasekne o sloupek u dopravníku.**

- 1. Proč se paleta zasekne o sloupek u dopravníku:** Paleta je ve chvíli kontaktu ve vzdálenosti dostatečné k zasažení sloupku. Během konstruování byla velikost palet brána v potaz a k takovému problému by v ideálním případě z důvodu konstrukce nemělo docházet.
- 2. Proč je paleta ve vzdálenosti zasažení sloupku:** Přijela na pozici v pootočeném nebo vyoseném stavu oproti běžnému směru jízdy. Jednotlivé dopravníky mají dostatečnou přesnost vůči sobě s tolerancí rovnoběžnosti  $\pm 25$  mm po celé délce dálnice.

- 3. Proč je paleta mimo pozici:** Paleta mění svoje postavení na dopravnících při každém předání. V závislosti na kvalitě palet může dojít ke krátkodobému zachycení spodku palety při předávání mezi dopravníky. Na některých překladačích nedojde k úplnému srovnání palet.
- 4. Proč se na překladačích palety nesrovnají:** Překladač má brzdy na svém konci, které slouží jako zarážka pro srovnání palet cestujících z jedné koleje na druhou. Toto srovnání je prováděno pomocí protáčejších se dopravníků pro úplné zaručení dojetí palety na správnou pozici. Palety se mohou svojí vahou v kombinaci s jejich kvalitou zaseknout na špatné pozici, a jelikož je jejich systém řešen časově, tak tuto situaci překladače nerozpoznají.
- 5. Proč mají palety špatnou kvalitu:** Příjem palet funguje systémem recyklace, kdy se použité palety, co zůstávají v podniku nebo jsou dovezeny, znovu použijí ve výrobě. Tyto palety nemají stav kritický, jelikož jsou kontrolovány. Jejich dřevotřískové nohy jsou však ve stavu, který je dostačující pro částečné zaseknutí v řetězu či na překladači. Postupně se zhoršující kvalita palety pak zvyšuje šanci na nečekaný pohyb.

Takto by byl definován lineární postup při řešení analýzy pěti proč. Hledání původu se lépe demonstruje v rozvětveném provedení. Takové provedení v méně detailním stavu viz níže:



Obrázek 27: Schéma analýzy 5x proč pro stáčení palet.

Většinu informací jsem pro tuto analýzu získával z kamerových záznamů a z menší části z analýzy zařízení. Na kamerových záznamech je možnost pozorovat mírně stočenou paletu, což je často dostatečné k zastavení zařízení. Původ tohoto prvotního zatočení je ale z kamer těžko určitelný. V některých případech došlo k natočení při kontaktu s jiným sloupkem, toto indikuje posunutí palety do špatného směru již díky předchozím vlivům. To vše vedlo k rozvětvení analýzy do úrovně viditelné na obr. 27, která zahrnuje všechny vlivy způsobující špatnou pozici palety.

### 5.1.5 Řešení stanovených problémů

Otáčení palet je hlavním problémem především proto, že je devastující pro zařízení, paletu a pro pracovníka je velmi náročné její následné srovnávání. Je to výrazný bezpečnostní hazard a neergonomická činnost. Vyžaduje využívání těžkých ocelových tyčí, které slouží jako páky o zařízení. Dřevo, na kterém je váha 700 kg, pak velmi často nevydrží nátlak a dojde k odštípnutí velkých kusů. Nemluvě o destrukci žlabů, řetězů a konstrukcí dopravníků, které jsou často pevným bodem páky.



Jak nám ukázala analýza pěti proč, tento konkrétní případ má několik diametrálně rozdílných původů. Každý z nich se do určité míry v podniku aktivně řeší, ale statistiky výskytu stočených palet se výrazně nesnižují. Jako jediná z probíraných abnormalit se nežádoucí stáčení palet z tohoto důvodu nedá vyřešit běžnou údržbou. Řešení jsem se tedy rozhodl hledat jinde. Každý překladač má instalovanou brzdu právě za účelem dorovnání palet. Tato brzda je pro většinu palet využita pouze jednou. Pokud dálnice nějakým způsobem zaregistruje, že je paleta v nesprávné pozici, může ji na nejbližším dalším překladači srovnat a poslat dál. Tím se teoreticky zamezí jejímu přesahu v kritických místech.

Nejprve je potřeba vytvořit souhrn dat, podle kterých se budou určovat limity takového srovnávání. Existuje nějaká kritická vzdálenost přesahu palety přes okraj, u které dojde ke kontaktu se sloupky zařízení. Tuto vzdálenost jsem změřil na několika kritických i méně kritických místech a dosáhl jsem hodnot v tab. 2. Vzdálenost je měřena od kraje dopravníku ke kraji krytí sloupku.

*Tabulka 2: Naměřené hodnoty vzdálenosti krytí sloupků od okraje dopravníku z obou stran kolejí.*

<b>Pravá strana [mm]</b>	<b>Levá strana [mm]</b>
144,17	108,38
110,07	105,51
108,43	105,46
116,98	108,63
114,7	105,05
108,43	105,05

Využiji nejnižší hodnotu jako kritickou. Jedná se tedy o hodnotu 105,05 mm. Zároveň je vidět, že levá strana je kritičtější. Dalším uvažovaným rozměrem je šířka palety. Na dálnici se přemísťují palety dvojího typu, nicméně obě mají šířku standardně 1200 mm. Rozpětí mezi řetězy je výrobcem uvedeno 575 mm, zdvojnásobením a přičtením okrajů získáme šířku dopravníku 1075 mm. Vychází nám tedy, že v ideálním případě bude přesah palety z obou stran 62,5 mm. Kritická hodnota, při které by mělo nastat srovnávání palet je v intervalu 62,5 – 105,05 mm od okraje dopravníku.

Využití horní meze ke kritické hodnotě není vhodné z pohledu kvality palet. Zároveň musím zohlednit fakt, že každý srovnávací pohyb zvyšuje dobu transportu palety na dálnici, což může být v dobách velké výroby během jakékoliv poruchy kritické pro chod všech výrobních linek. Pomocí software ImageJ a podnikové kamery (umístěna před

tzv. „malým nádražím“, které je místem 87,5 % stočených palet) jsem si vytvořil statistiku vzdáleností přesahu palet pro obě koleje. Program využívá známou vzdálenost (v mém případě rozpětí řetězů 575 mm) k přepočtu měřených částí z pixelů na milimetry. Přesnost hodnot je ovlivněná kvalitou obrázku a jeho osvětlením. Přesnost se ovšem neliší na více jak 1 pixel, což je při mnou zavedeném měřítku  $\pm 4,776$  mm dostačující, jelikož je statistika spíše pomocným nástrojem a vizualizací rozdílů vzdáleností mezi jednotlivými paletami v závislosti na jejich zboží a dráze po které jedou.

Tabulka 3: Hodnoty pozice palet z obou stran dopravníku a jejich odchylka od střední hodnoty 62,5 mm.

	Kolej L1			
	Levá strana		Pravá strana	
	Hodnota	Odchylka	Hodnota	Odchylka
<b>Prům.</b>	65,38	9,19	47,00	-9,19
<b>Max</b>	93,79	31,36	73,12	10,69
<b>Min</b>	51,74	-10,69	31,07	-31,36

	Kolej L2			
	Levá strana		Pravá strana	
	Hodnota	Odchylka	Hodnota	Odchylka
<b>Prům.</b>	70,29	7,86	54,58	-7,86
<b>Max</b>	91,14	28,71	76,58	14,15
<b>Min</b>	48,28	-14,15	33,72	-28,17

Pro její velikost jsem se rozhodl celou statistiku neuvádět. V tabulce je tedy vidět pouze několik klíčových hodnot. Odchylka je počítána od střední, ideální, pozice (62,5 mm). Měření proběhlo na 50 paletách pro každou kolej pocházejících ze čtyř linek o minimálním zastoupení pěti palet na linku. Ze statistiky lze odvodit několik faktů:

- Kolej L1 je kritičtější než kolej L2.
- Palety tekutých detergentů se výrazně neliší od ostatních palet, přestože je jejich dráha podstatně delší.
- U obou kolejí je reálně kritičtější levá strana. Průměrná hodnota ukazuje, že na tyto strany je také více palet posunuto. To je pravděpodobně vlivem směru výjezdu z linek (doprava).

Můžeme pozorovat určitou normalitu dat. Popsaný stav mě vede k závěru, že vznik stočení palet je výsledkem několika vlivů, jejichž váha je často srovnatelná. Řešení problému tedy leží v korekci pozice, a ne ve změně designu několika částí systému.

Výskyt tohoto fenoménu, jak již bylo uvedeno, není tak častý, přestože jsou jeho následky patřičně neblahé. Data neobsahují vzdálenost, při které ke stočení došlo. Takovou jsem změřil zpětně u několika výskytů po vytvoření statistiky, a výsledkem byly hodnoty 99,3 mm; 103,1 mm

a 101,2 mm. S připočtením horní meze přesnosti měření se dostáváme do blízkosti kritické hodnoty.

Přesto mi však data pomohou k určování ideální pozice čidla. Ze statistiky četností odchylek jsem odvodil jako nejčastěji se vyskytující hodnotu mezi 15 a 20 mm. Opět pro zaručení větší plynulosti volím 20 mm. Po přičtení k ideální pozici získávám **dolní mez** s hodnotou **82,5 mm**. Pro zaručení nepřekročení kritické hodnoty 105,05 mm z důvodu kvality palet vycházím pro určení horní meze ze vzdáleností naměřených u stočených palet uvedených výše. Po jejich zprůměrování je **horní mez 101,2 mm**. Jako **nastavenou hodnotu** volím střední se zaokrouhlením na **92 mm**.

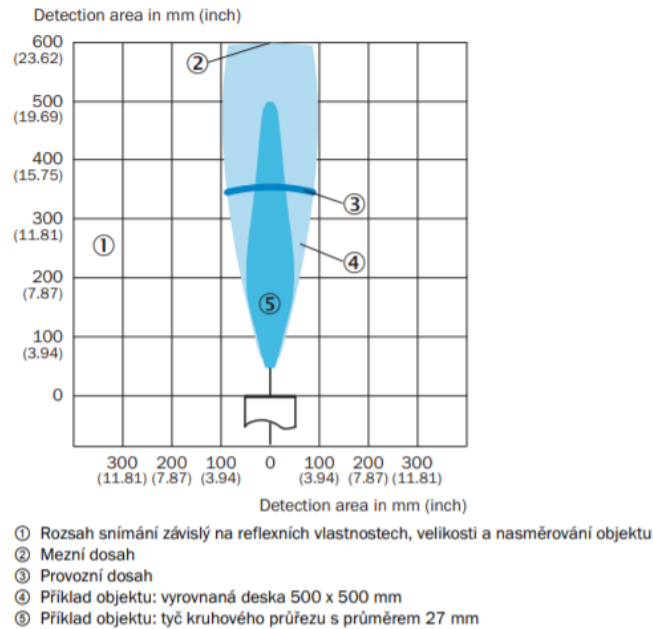
Jako prvek zjišťující polohu palety jsem použil ultrazvukové čidlo firmy SICK s označením UM18, s rozsahem 65-235 mm. To je umístěno pod paletami v přesné vzdálenosti. Ta je kontrolována měřítkem na držáku. Na měřítku jsou zobrazeny meze a momentálně nastavená střední hodnota zavedená do kontrolních systémů. Pokud čidlo zaregistruje paletu, na nejbližším překladači dojde k akci srovnání, která byla naprogramována.



Obrázek 28: Detail zarážky. [31]

Test ukázal, že funkce jako taková funguje velmi dobře. Zarážka na překladači, která je viditelná na obr. 28, je vhodným designem pro tuto funkci, jelikož umožňuje i velmi stočené palety snadno srovnat díky své členitosti. Pro původní testování jsem čidlo nastavil na hodnotu dolní meze, abych ověřil možné vzniklé problémy. Již ze začátku bylo zřejmé, že ultrazvukové čidlo bude vytvářet variabilitu v rozpoznávání a budou se posouvat často i palety, které to nevyžadují. Výrobce uvádí rozsah měřicího paprsku viditelný na obr. 29. Lze tedy předpokládat, že v kolmém řezu měřeného rozsahu bude průměr snímání cca 50 mm. Reálný test čidla pomocí ruky indikuje vzdálenost mezi 60-70 mm. Čidlo může tedy nečekaně

srovnávat palety, které srovnání nevyžadují. Zobrazené měřítko je odsazené 30 mm od kraje dopravníku, což kompenzuje teoretický rozsah čidla a není tak třeba jej přičítat ke zvolené hodnotě na měřítku.



Obrázek 29: Schéma rozsahu čidla UM18 podle dokumentace výrobce SICK.

Problém se zvoleným typem čidla se projevil i během testu. U některých palet došlo k sepnutí funkce překladače, přestože byly dostatečně daleko od čidla. To mělo za následek zvedání dorazu (zarážky) pod paletou místo vedle ní. Palety tak přešly úplně, jelikož funkce srovnávání funguje na bázi setrvání otáčení po určitý časový interval. Ve výsledku lze přesto konstatovat, že i při velmi přísném nastavení mezní hodnoty (82,5 mm) a volatilitě měřicího rozsahu čidla jsem v testu dosáhl pozitivních výsledků, jelikož z 842 zvednutých palet se pouze 7 dostalo do této situace. Jedná se tedy o úspěšnost 99,2 % a náprava zbylých 0,8 % je jasně identifikovatelná. V první řadě se pro pokračování testu posunulo čidlo nad střední hodnotu na 95 mm. Čas provádění druhého testu byl kratší, ale daný problém se přesto objevil u jedné palety z 240, což odpovídá spolehlivosti 99,6 %. Počet rovnaných palet výrazně neklesl. Z toho opět usuzuji negativní vliv nepřesnosti čidla. Jedna z hypotéz je, že rozsah čidla je natolik znatelný, že může u některých palet identifikovat i její boční stranu. Pozice čidla se zde stejně jeví jako kritický aspekt nápravného zařízení. Funkce překladače jako taková se za celkem 15 h provozu neprojevila jako problematická a byla prováděna bez zjevné chyby u všech 1083 palet stejně.

Vzhledem k tomu, že výskyt chyby vede k opačnému výsledku, než jakému se snažím zabránit, je kritické, aby byla úspěšnost 100 %. Pro zaručení spolehlivosti tohoto nápravného zařízení je potřeba vyměnit ultrazvukové čidlo za čidlo optické. Z provozních a časových důvodů již nebylo možné vyzkoušet funkci jiného čidla na zařízení, provedl jsem tudíž rešerši o možných alternativách. Jak jsem již uvedl, princip kontaktního čidla by pro nejlepší přesnost měl být na optické bázi. Proto se nabízejí 3 možnosti:

- **GR18:** Nejjednodušší možností z pohledu aplikace. Jedná se o disperzní jednostranné optoelektrické čidlo. Jeho měřicí rozsah má také podobu kužele, ale je stabilní a užší.
- **VTE18:** Toto čidlo je dvoustranné, takže vyžaduje odrazový prvek. Instalace odrazového prvku není obtížná, ale jedná se o prvek navíc, který může potenciálně při špatné pozici vytvářet problémy. Jeho přesnost je ovšem větší než u GR18
- **Laserová čidla:** Zde je možností několik. Výrobce SICK má u laserových čidel velký sortiment rozdělený podle rozsahu, přesnosti a doprovodných funkcí. Čidla mají na rozdíl od předchozích variant rozdílný tvar, což ztěžuje jejich pevné ukotvení. Jako příklad uvádím model WTB11, který je opět oboustranný. Lasery jako takové jsou ovšem nejpřesnější variantou.

### 5.3 Analýza stavu systémů autonomní údržby

V teoretické části práce jsem uvedl postupy zavedené v předních výrobních institucích. Jejich zavedení a dodržování na vysoké úrovni je zaručeno díky sérii předem popsanych kroků, které posouvají čistotu a schopnost udržování zařízení. Princip autonomní údržby je postavený na předpověditelnosti znečištění nebo poruchy zařízení na základě jeho pozorování. Paletová dálnice v tomto směru není výjimkou. Opakovaně se na ní vyskytují již zmíněné třísky, je často kontaminovaná po mazání a velké množství umístěných čidel je náchylné na pevné částice.

Problémem je jako vždy velikost zařízení. Jednotlivé části, jak jsou popsány v kapitole 4, jsou strojní zařízení jednoduššího typu a jejich samotné čištění je možné relativně snadno optimalizovat. Znásobit tyto procesy ovšem na celou dálnici vyžaduje mnoho lidí a času.

Zahrneme-li fakt, že prostor pro tuto údržbu v provozu dálnice je po většinu času pouze o víkendu, kdy majoritní část směn není přítomna, je počet zaměstnanců v podniku nedostatečný k zaručení kvalitního úklidu dálnice. Vlastnictví definované v AM údržbě dálnice by přicházelo v úvahu pouze při rozdělení jednotlivých sekcí zaměstnancům. To by ovšem znamenalo 12 lidí, kteří jsou již vlastníky zařízení jiného. Navíc by mohlo rozdělení vzhledem k rozdílné dostupnosti sekcí vést ke zhoršení vztahů mezi zaměstnanci.

Z těchto důvodů je samotný úklid ve firmě delegován na kontraktora, který každý týden uklidí tři z dvanácti sekcí. Kontraktor má na starosti celkový úklid všech částí, ale mnohokrát dojde k jeho omezení, vzhledem k limitovanému času v provozu dálnice, a především časové náročnosti. Takový postup je přijatelný, ale vyžaduje jasnou komunikaci s kontraktorskou firmou. Především se upřednostňují optické prvky. Jejich nevyčištění má za následek mnoho nevyžádaných opakujících se stopů. Pro tato čidla je vytvořena mapa jako pomůcka pro úklid.

Lubrikace se má dle výrobce na řetězech a ložiscích provádět každých 3-6 měsíců (podle funkce). Proto ji nezahrnuji jako součást autonomní údržby a budu se na ni zaměřovat v kapitole údržby plánované. Inspekce je sice také delegována na kontraktorskou firmu, ale v rámci AM Kroku 5 byl již vytvořen jakýsi postup pro kontrolu funkce především optických čidel, jelikož vlastní zaměstnanci by měli projevovat větší zájem. Tento systém je nedokončený a jeho provádění není regulováno.

### **5.3.1 Návrhy zlepšení zavedených systémů**

Je nutno znovu opakovat, že vzhledem k velikosti dálnice není na místě vytvářet postupy autonomní údržby, provádět je a hodnotit krok po kroku v rámci celého zařízení. Můžu však jednotlivé kroky a jejich zaměření implementovat na jednotlivé části a získat z nich tak lepší pohled na kvalitní a rychlé provádění údržby na zařízení. Identifikuji 4 nejdůležitější součásti z pohledu údržby podle důležitosti: čidla (ultrazvuková i optická), řetězové dopravníky, překladače, válečkové dopravníky. Na těchto částech budu demonstrovat a popisovat prvky probírané v teoretické části práce.

## **Krok 0: Prvotní analýza zařízení z pohledu údržby**

V tomto kroku identifikuji pohyb v zařízení z pohledu bezpečnosti a pochopím funkci zařízení do co největší hloubky. Prvky jsou popsány již v kapitole 4, a proto jen doplním informace relevantní k údržbě:

- **Čidla:** Jak ultrazvuková, tak optická čidla jsou náchylná na pevné částice a jejich i mírné znečištění může mít okamžitou odezvu na funkci dálnice, jelikož jsou jediným komunikačním prostředkem.
- **Řetězové dopravníky:** Třísky z palet a části fólie překáží pohybu řetězu především pak na kluzném vedení.
- **Válečkové dopravníky:** Řetězy přenášející pohyb mezi válečky jsou zakryté. Výhodou je jejich minimální znečištění, ale nevýhodou je nedostupnost z pohledu inspekce a lubrikace.
- **Překladače:** Umístění mazacích hlavic ložisek je problematické při používání ručního mazacího lisu podle předepsaných instrukcí výrobcem. Úprava zdvihu překladače mimo využití indukčních snímačů je náročná. Prostor překladače je značně omezen pro čištění.

Pro určení bezpečnosti činností údržby funguje v podniku několik procedur. Pro tento krok je nejrelevantnější tzv. bezpečnostní mapa neboli dokument napomáhající pracovníkům provádějícím údržbu uvědomit si rizika a připomenout si ochranné prvky. Dalším nástrojem může být bezpečnostní analýza dané činnosti, v našem případě úklidu. Tu jsem provedl podle podnikových směrnic.

## **Krok 1: Prvotní úklid a výpis problémů**

Hlavním bodem je co nejlépe uklidit zařízení bez závislosti na době trvání. Během toho je nutno najít 4 aspekty (kontaminace, defekty, nedostupná místa, nebezpečné prvky) a tyto co nejpřesněji zmapovat pro další kroky. Při správném postupu se zapíší existující defekty s jasným popisem výskytu a efektu, pro tuto kapitolu ale postačí popis často se vyskytujících defektů (opět kvůli velikosti zařízení). Pro rozdělení těchto aspektů podle prvku, kterého se týkají, jsem vytvořil tuto tabulku:

Tabulka 4: Seznam abnormalit pro čtyři definované prvky.

Prvek	Kontaminace	Defekty	Nedostupná místa	Nebezpečné prvky
<b>Čidla</b>	prach, třísky, fólie, prášek	ulomený držák, ulomený konektor, poškozený kabel	čidla uvnitř překladačů	el. energie
<b>Řetězové d.</b>	prach, třísky, fólie, olej od mazání, kovový prach, prášek	mosazné krytí, poškození povrchu řetězky na pohonné hřídeli, otlučený řetěz, uvolněný řetěz, pohon	řetězky, vnitřní kluzné vedení, kontaminace na spodku konstrukce, utahovací mechanismus	el. energie, zachycení prstů v řetězkách, <b>možnost zakopnutí, pádu</b>
<b>Válečkové d.</b>	prach, třísky, fólie, olej od mazání, kovový prach, prášek	srovnávací kroužky, prasklý řetěz smyčky, pohon	řetězy smyček (zakryté konstrukcí)	el. energie, zachycení prstů ve smyčkách, <b>možnost zakopnutí, pádu</b>
<b>Překladače</b>	prach, třísky, fólie, olej od mazání, kovový prach, prášek	indukční čidla, pohon zdvihu, klikový mechanismus (uvolněné matice, odření podstav)	klikový mechanismus, mazací hlavice, pohon zdvihu, řetězy smyček válečkové části, zdvih elektrických brzd	el. energie, zachycení prstů ve smyčkách, ve zdvihu, <b>možnost zakopnutí, pádu</b>

Pro celkový úklid byly použité vlhčené a suché ubrousky, vzhledem k množství elektřiny v prostoru zařízení je použití vody s utěrkou rizikové. Vzhledem k praktikám mazání je zapotřebí použití odmašťovačů. V neposlední řadě je nutné ometení konstrukce a zametení podlahy pod ní. Celkové časy úklidu podle jednotlivých prvků byly pro praktickou ilustraci jednou měřeny a jsou vypsány níže. Je potřeba si uvědomit, že zařízení bylo v částečně zanedbaném stavu, což se na prvotním úklidu projevilo.

- **Čidla (1 sekce dálnice):** 5:34 min
- **Řetězový dopravník (jeden):** 42:54 min
- **Válečkový dopravník (jeden):** 1:34 min
- **Překladač (jeden):** 12:45 min



Při provedení opakovaného úklidu na řetězovém dopravníku po týdnu se čas snížil na 2:41 min, a následující týden zůstala potřebná doba podobná, 2:27 min. To dokazuje, že kontaminace mazivem, která nebyla dosud dostatečně adresována, je podstatným bodem. Snížení maziva a aplikace přímo na řetěz by mohla kontaminaci značně eliminovat. Více v kapitole plánované údržby. Problematickým místem jsou také překladače. Přestože je předpoklad snížení času po prvním úklidu na místě i zde, je velmi obtížné efektivně uklidit prostor mezi válečky a pod zdvihem.

## **Krok 2: Eliminace zdrojů kontaminace a těžko dostupných míst**

Opět se dostáváme do rozporu s relativní jednoduchostí designu zařízení, ale jeho pro údržbu problematického provedení. Největším problémem z tohoto pohledu jsou řetězové dopravníky. Jejich řetězy jsou kromě horní přepravní plochy zakryty pevnou ocelovou konstrukcí. Toto řešení je samozřejmě výsledkem potřeby pevné konstrukce, která je schopná bez vzniku únavy přepravovat skoro tunové palety na denní bázi. Vzniká tak ovšem místo, do kterého jsou i řetězem přepravovány všechny nečistoty zmíněné v kroku 1. Pro všechny 4 prvky jsou tyto kontaminace více či méně podobné, a proto je rozeberu jednotlivě a pokusím se zjistit jejich zdroj a dle možností ho i odstranit.

- **Prach:** Prašnost je společností kontrolována a regulována. Zařízení je v oblasti konce výroby. Přestože je udržováno v relativní čistotě, jelikož je materiál v této oblasti převážně na paletách, prach se zde vyskytuje více než například na počátku výroby. Eliminace prachu je tedy prakticky dostatečná, ale čištění čidel je i při ideálních podmínkách potřeba provádět. Pravidelný úklid dálnice prašnost také přirozeně sníží.
- **Třísky:** Jak již bylo zmíněno, palety jsou kontrolovány systémem kvality, ale přesto jsou někdy ve stavu, kdy se při kontaktu se zařízením např. odštěpí. Úplná eliminace zdroje kontaminace je nelukrativní, jelikož je potřeba nových kvalitních palet, můžeme se ale podívat na zlepšení v rámci úpravy zařízení. Zlepšujícími prvky jsou: plynulejší pohyb na dálnici díky lepšímu PLC systému, lepší mazání a utahování řetězů dopravníků, seřizování překladačů (mnoho ostrých hran k záchytu palety).
- **Fólie:** Ve své podstatě se jedná o stejný problém jako u třísek. Přestože je fólie kontrolována systémem kvality, někdy dojde k jejímu uvolnění či natržení během paletizace. Srovnávání palet stejně tak jako další body zmíněné u třísek sníží počet

incidentů, kdy se folie odtrhne. Kvalita balení je monitorována na všech linkách, ale při počtu palet za den se i minimální výskyt abnormalit na každé lince projeví. V minulosti byly snahy o zavedení automatické kontroly kvality palet, ale jednalo se o značně nepřesný systém.

- **Olej:** Mazání ručně štětcem má za následek přebytek maziva na celé konstrukci i pod ní i při snaze o jeho odstranění. Více o mazání a řešení v plánované údržbě.
- **Kovový prach:** Vzhledem k excentricitě řetězových kol dochází někdy při převozu palet k otírání řetězového kola o řetěz. U krajních případů dochází k abrazi a kovový prach pak putuje konstrukcí. Během defektu s řetězovým kolem bylo zjištěno chybné použití aretačního prvku, což řetězové kolo posouvá mimo střed. Jejich výměna prakticky problém odstraní, ale jeho výskyt není tak markantní, aby stál za obtížné uvolňování pohonné hřídele u každého dopravníku, což je časově náročná operace.
- **Prášek:** Jako hlavní materiál výroby je tato kontaminace nevyhnutelná. Nicméně v oblasti paletové dálnice, která je na výstupu výroby se již jedná o ojedinělé a abnormální znečištění.

Jak jsem již zmínil, odstraňování nečistot z těžko dostupných míst je vzhledem k funkci zařízení náročné. I přesto se zde nabízejí tři možnosti zlepšení:

- U řetězových dopravníků byly po incidentu s řetězovým kolem odstraněny kryty pohonných hřídelí, což umožňuje lepší odvod kontaminace, a především inspekci těchto namáhaných řetězových kol.
- U válečkových dopravníků a překladačů lze odstranit kryt řetězových smyček. Ty jsou pak náchylné na kontakt s paletami, který je ale možné do velké míry eliminovat přidáním srovnávacích kroužků na všechny válečky.
- U překladačů je těžké efektivně uklidit prostor pod válečky a zdvihem. Řešením může být využití vysavačů. Do současnosti se pro lepší manipulaci používaly prachovky a smetáky. V každé sekci je vedena elektrická síť, takže při dostatečné délce hadice by manipulace s vysavačem v zařízení neměla způsobovat potíže.

Ostatní místa uvedená v tab. 4 nejsou tak významná a všechna jsou zastíněna samotným pohybem v dálnici, který je vlivem žlabů pro kabely a příčných nosníků značně ztížený. V rámci toho je tedy podstatnější omezit či zlepšit pohyb v dálnici co nejvíce. Zlepšení pohybu je zavedeno pochozími plechy mezi dopravníky, které snižují možnost pádu na minimum, ale vytvářejí další těžko dostupné místo z pohledu úklidu. Pro omezení pohybu je potřeba vytvořit optimalizovanou cestu pracovníka pomocí map. Například pro otírání čidel jsem vytvořil mapu, která využívá nejbezpečnější vstup a pohyb po dálnici a zároveň po co nejkratší dráze. Například pro sekci RM10 je mapa na obr. 30 v následující kapitole.

Další kroky AM jsou spíše administrativní a jejich body budu více rozebírat v následující kapitole. Kromě již zmíněných možností zlepšení úklidu v rámci AM standardizace a jiných zlepšení v rámci defektů či plánované údržby je potřeba častější kontrola zařízení v rámci kroku 5, vzhledem k častému výskytu vrzání zdvihů překladačů či nadměrný hluk při pohybu řetězů, a častější angažované otírání a inspekce všech čidel. To vychází z faktu, že při opakovaných poruchách dopravníku či odběrového místa je po otření a inspekci čidel opakování sníženo na téměř minimum. U několika zkoumaných případů opakovaného stopu zařízením označeným jako „timeout“ se po důkladném otření čidel a utažení kabelu problém nevrátil.

### 5.3.2 Návrh zavedení zlepšení systémů AM

V rámci kroku 3 je potřeba definovat standardy zavedené v předchozích krocích. Jedná se tedy o standardy úklidu a mazání. Mazání, jak již bylo uvedeno v kapitole 5.3, není u zařízení vyžadováno frekventovaně, a proto se mu budu více věnovat v plánované údržbě. Pro krok 3 je tedy u paletové dálnice zásadní definice standardů úklidu. Definujme si tedy znovu všechny prvky, které vyžadují periodický úklid. Rozdělil jsem je do tří kategorií podle jejich důležitosti:

Tabulka 5: Rozdělení prvků dálnice z pohledu čištění.

Prvky pro funkci kritické	Prvky pro funkci podstatné	Prvky pro funkci nepodstatné
Optické závory	Ultrazvuková čidla	Žlaby
Skenery přechodů	Řetězové dopravníky	Pohony
Optická čidla překladačů	Převáděcí pozice	MX rozvaděče
	Překladače	RM rozvaděče (obrazovky)
	Podlaha	Pletivo

- **Prvky pro funkci kritické:** Jejich pravidelné čištění je zásadní pro dobré fungování. Mnohokrát během mého pozorování docházelo k „neresetovatelnému“ problému právě u výstupů a u překladačů kvůli prachu na čidlech. Zaprášené optické závory nebo čidla skenerů navíc mají za následek výpadek celé sekce namísto konkrétního dopravníku, což velmi rychle vede k omezení provozu linek. Jejich čištění je adekvátní jednou za týden.
- **Prvky pro funkci podstatné:** Jejich úklid je potřebný pro snížení zmíněného vynuceného opotřebení. Dlouhodobě se zanedbávání těchto prvků projeví na kvalitě palet i spolehlivosti zařízení, ale jejich vynechání není pro funkci zásadní. Jejich čištění je adekvátní jednou za měsíc.
- **Prvky pro funkci nepodstatné:** Pro zaručení lepšího jak pracovního, tak hygienického prostředí je doporučeno tyto části uklízet. Jejich zanedbávání v dlouhodobém měřítku ale není rizikové pro funkci dálnice.

### Krok 3: Nastavení AM standardů úklidu

Pro zavedení efektivního úklidu navrhuji dva systémy. První systém využívá práce operátorů, druhý systém zachovává práci kontraktora. Je důležité zmínit, že z pohledu bezpečnosti je jakákoliv přítomnost člověka v prostoru dálnice hazardem, a to jak kvůli zařízení, tak především kvůli již zmíněnému vysokému riziku pádu. Proto jsou oba standardy nastaveny na co nejbezpečnější a co nejméně častou proceduru.

Nejprve popis efektivnějšího **úklidu kontraktorem**. Jeho postup se výrazně neliší od již zavedeného, půjde jen o určité body k racionalizaci. Jeho prací bude úklid jednotlivých sekcí z pohledu prvků pro funkci podstatných a nepodstatných. Zároveň v oblastech tzv. malého a velkého nádraží (výstupy dálnice do skladu) půjde o čištění i prvků kritických. Každý týden uklidí tři z 12 sekcí, což časově vychází na úklid podstatných prvků celé dálnice periodicky jednou za měsíc. Každý týden je kontraktor schopný vyčistit i zmíněné kritické prvky. Pro efektivní a zodpovědný úklid v duchu AM principů jsem zavedl postup pro 3 pracovníky kontraktora, kde má každý za úkol úklid jiných prvků sekcí. Tak lze celou část udělat efektivně v relativně krátkém čase (odhaduji 45 min na sekci), který dálnice nabízí díky návaznosti činností, při kterých lze postupovat z jedné strany sekce na druhou. Časová náročnost jednotlivých úkonů se samozřejmě liší s každou sekcí. Rozdělení je tedy v praxi pouze reprezentací ideálního postupu a rozdělení povinností. Provedení těchto úkonů bylo zpravidla realizováno v neděli, což je den, který bych s ohledem na jeho vhodnost zachoval. Rozdělení práce je uvedeno zde:

Tabulka 6: Teoretické rozdělení činností pracovníků provádějících čištění.

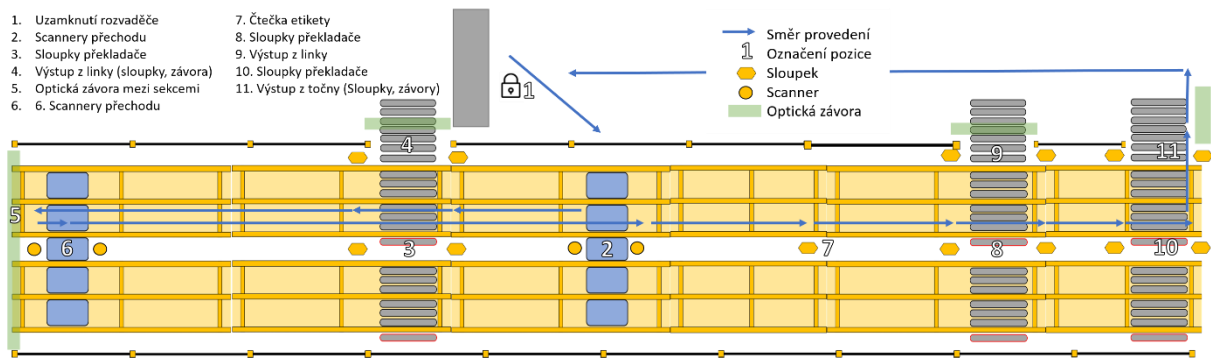
<b>Pracovník č. 1</b> – ometení prachu a zbytků	<b>Pracovník č. 2</b> – zametení nahromaděné kontaminace, otření vnějších prvků	<b>Pracovník č. 3</b> – vysátí překladačů, otření čidel
Převáděcí pozice	Podlaha	Překladače
Řetězové (vál.) dopravníky	Pochozí plechy	Ultrazvuková čidla
Pohony	MX rozvaděče	Optická čidla (RM16, RM21)
Žlaby	RM Rozvaděče	Jiné kritické prvky
Vrchní část překladače		

**Úklid operátorů** se bude zaměřovat na prvky pro funkci kritické. Ve společnosti se praktikuje na linkách jakýsi rychloúklid, který se provádí i v čase výroby. Ve stejném duchu jsem navrhl i tento postup. V první řadě ovšem musím myslet na bezpečnost, a to znamená co nejmenší pohyb v dálnici. V úvahu proto připadá pouze první polovina dálnice s pochozími plechy. Je ovšem několik dalších argumentů, které podporují upřednostňování úklidu těchto počátečních sekcí. Počet kritických prvků je v sekcích RM10-RM15 (62) oproti RM16-21 (37) skoro 2x větší a jejich funkce je podstatnější, jelikož jsou mnohem blíže k výstupům linek a jejich chyba může do 10 až 15 minut dané linky zastavit. Vlastnictví dálnice jako takové v klasickém smyslu AM údržby je prakticky nemožné. Lze ovšem tyto kritické prvky přidělit jednotlivým operátorům, kteří jejich úklid mohou provádět ve volném prostoru během směny. Přechodně tak lze vytvořit podobný smysl zodpovědnosti k případným dalším poruchám na sekcích dálnice.

Samotné rozdělení závisí na vedení jednotlivých týmů. Jedním z návrhů je využití vlastníků etiketovacích strojů k tomuto úklidu. Ti mají k oblasti dálnice jak obrazně, tak prakticky blízko. Bez ohledu na konkrétní osoby se podle oddělení jednotlivé sekce dají rozdělit takto:

- RM10: Oddělení prostředků na mytí nádobí
- RM11-12: Oddělení balení práškových detergentů – Sekce kartonových obalů
- RM13-RM15: Oddělení balení práškových detergentů – Sekce plastových pytlů

Doba trvání otření všech prvků v jedné sekci byla mnou změřena na 4:43 min, takže lze konstatovat, že se jedná o pětiminutový zásah do provozu dálnice, což by v ideálním případě nemělo vést ani k zastavení linky. Navíc jde o čas, který během týdne nepovede ani k přílišnému přetížení operátorů. Prostor pro provedení této akce se nabízí každou středu, kdy je provoz všech linek vlivem údržby značně omezený a navržený úklid tak není hrozbou pro výrobu. Provedení otření jednotlivých prvků je popsáno na mapách, které vypadají jako obr. 30 (mapa pro sekci RM10).



Obrázek 30: Mapa provádění čištění kritických prvků.

#### Krok 4 a 5: Kontrola

Pro celkovou autonomní údržbu je potřeba vytvořit ještě systémy kontroly. Ta by se měla provádět za chodu linky. Nejjednodušší je vytvoření kontrolního seznamu, který adresuje poznatelné prvky. Na základě tohoto seznamu se následně mohou evidovat prvky, které vyžadují bližší inspekci a případnou plánovanou údržbu. Kontrola prvků je vizuální a poslechová. Mezi tyto prvky patří:

- Pohony – zvuk, upevnění.
- Překladače – zvuk (vrzání), plynulost pohybu, výška pohybu.
- Řetězové dopravníky – zvuk (klapání článků řetězu), plynulost pohybu.
- Zarážky – pevnost (reakce na doraz palety).

Kontrola napomůže technikům urychlit následnou inspekci a kontinuálně doplňovat povědomí o abnormalitách i mimo plánovanou údržbu. Pro zjednodušení kontroly správných pozic jsem vytvořil několik ukazatelů označujících správnou pozici zdvihu a označení dopravníku pro zapsání. Provádění jsem nastavil v periodě jednou týdně a rozdělení vždy po třech sekcích.

Na závěr kapitoly zmíním, že úklid kritických prvků ve skladech může provádět skladník, pakliže bude řádně proškolen a vzdělán v oblasti týkající se práce v dálnici. Zároveň doporučuji jednou ročně nastavit den na kompletní a důkladný úklid dálnice, při kterém bude dostatek času pro kvalitní úklid i obtížných míst.

## 5.4 Analýza stavu systémů plánované údržby

Nejprve definuji prvky, které je potřeba udržovat mimo krátké, často se opakující úkony definované v autonomní údržbě. Stejně tak popíšu všechny strojní součásti, které by mohly vlivem svojí funkce vyžadovat výměnu na základě svého opotřebení. Je důležité zmínit, že výrobce neuvádí žádné součásti, které vyžadují periodickou výměnu.

- **Definované v manuálu:**

### **Kontrola motoru**

Dálnice využívá motory od firmy SEW-EURODRIVE. Jako takové mají vlastní definované body údržby, které jako jediné nejsou popsány společností TMT Chrudim s.r.o. v přidruženém manuálu. Doporučuje se vizuální, poslechová a doteková kontrola. Nadměrná teplota nebo pištivý zvuk je znakem potřebné bližší inspekce a případné údržby.

### **Kontrola řetězů řetězových dopravníků**

Každý řetěz podléhá prodloužení vlivem vyosení čepu a díry jednotlivých článků. Tento jev je přirozený u většiny řetězů v operaci. Jedná se o robustní řetězy s roztečí 1 palce. Výrobce navrhuje měření tohoto prodloužení pomocí nadzvednutí řetězu na dopravní části uprostřed silou cca 200 N. Při odečtení vzdálenosti nadzvednutého řetězu od konstrukce svisle není možné odečíst větší hodnotu než 1 % přepravní délky. U dopravníků délky 4,5 m se tedy jedná o 45 mm. V případě překročení limitu se řetězy napnou pomocí napínacího šroubu, který posouvá jedno řetězové kolo ve vodorovném směru. V případě, že nelze řetěz napnout více, se řetěz musí zkrátit o 2 články.

### **Kontrola řetězů válečkových dopravníků**

Mezi jednotlivými válečky musí být řetězy pro přenos síly. Tyto řetězy se kontrolují pod již zmíněnými kryty. Zde výrobce navrhuje výměnu nebo zkrácení řetězů při prověšení spodní části oproti horní, vodorovné o 2 mm.

### **Kontrola překladačů**

Kromě válečkových dopravníků je u překladačů potřeba kontrolovat mechanismus zdvihu. Mimo již zmíněný pohon je potřeba kontrolovat stav upevnění a opotřebení kloubových hlavic. V případě nadměrného opotřebení je potřeba hlavice vyměnit. Pákový mechanismus přenášející rotační pohyb z převodovky na hřídele, které zvedají válečky dopravníku, je upevněn z obou stran maticí. Tato matice se může čas od času uvolnit



a je potřeba ji znovu utáhnout. Stejnému problému podléhají indukční čidla korigující pozici zdvihu (ta nejsou popsána v manuálu).

### **Kontrola dorazů (zarážek)**

Některé překladače určují pozici palety pomocí zarážek řízených pneuválcem. Tyto dorazy je potřeba kontrolovat, aby nedocházelo k nežádoucím dynamickým účinkům.

### **Mazání řetězových dopravníků**

Výrobce udává jednou za půl roku mazání řetězů. Postup uvedený v manuálu doporučuje použít mazivo ve spreji a jeho mírné nanesení na okraj, na řetězová kola. Zkušenostmi v podniku ovšem zjistili, že maziva je potřeba více. Zároveň se mažou ložiska pohonné hřídele.

### **Mazání válečkových dopravníků**

Všechny řetězy válečkových dopravníků se mají podle manuálu mazat také jednou za půl roku mírným nanesením maziva.

### **Mazání překladačů**

Překladače mají několik hřídelí pro přenášení rotačního pohybu na uskutečnění zdvihu. Je potřeba namazat všechna ložiska, a to alespoň jednou za půl roku. Mazání probíhá mazacím tukem do maznic, zároveň je potřeba sprejem promazat body styku kyvných hlavíc.

- **Nedefinované v manuálu:**

### **Záchyty reakce**

Motory jsou uchyceny na dopravníkovou konstrukci. Pro zaručení jejich správného fungování se musí kontrolovat jejich utažení.

### **Přechodné kladky**

Mezi řetězovými dopravníky jsou umístěny rotační součástky podporující přenos palety z jednoho dopravníku na druhý v místě, kde není přítomen řetěz. Jejich správná pozice je zásadní pro zaručení pozice palety. Jejich upevnění je robustní, ke konstrukci dopravníku jsou svarem spojeny plechy o průměru 5 mm, do kterých jsou umístěny. Proto se jedná pouze o vizuální kontrolu manifestace defektu.

## Řetězová kola pohonné hřídele

Vzhledem k chybně zvolenému upevňovacímu prvku dochází k posunu řetězového kola na pohonné hřídeli mimo osu řetězu. Tak nastává otěr boku zubů kola, který může mít za následek abrazi povrchové úpravy, až úplné odtržení zubů řetězového kola.

### Kontrola celkového prodloužení řetězu

V případě překročení kritického prodloužení, které je obecně známé jako 2 % délky řetězu, je potřeba naplánovat výměnu řetězu. To se kontroluje pomocí měrek.



Obrázek 31: Měrka kritického prodloužení řetězu.

V následující tabulce shrnu všechny definované body. Vedle je informace o existenci jejich plánování a jeho provedení. **ÚPLNĚ** – definuje, zda má daný úkon stanovenou proceduru, zařazení do systému a určení intervalu a času na provedení, **NEÚPLNĚ** – některá část plánování chybí nebo je nejasná, **ŽÁDNĚ** – prozatím bod nemá žádné stanovené plánování. Prominentní nedokončené body budu následně komentovat v další kapitole.

Tabulka 7: Seznam prvků k plánované údržbě a hodnocení jejich dosavadního plánování.

Definované v manuálu	
Kontrola motoru	NEÚPLNĚ
Kontrola řetězů řetězových dopravníků	NEÚPLNĚ
Kontrola řetězů válečkových dopravníků	ŽÁDNĚ
Kontrola Překladačů	NEÚPLNĚ
Kontrola Dorazů	ÚPLNĚ
Mazání řetězových dopravníků	NEÚPLNĚ
Mazání válečkových dopravníků	ŽÁDNĚ
Mazání překladačů	ÚPLNĚ
Nedefinované v manuálu	
Záchyty reakce	NEÚPLNĚ
Přechodné kladky	NEÚPLNĚ
Řetězová kola pohonné hřídele	ŽÁDNĚ
Kontrola celkového prodloužení řetězu	NEÚPLNĚ

Na závěr této kapitoly bych chtěl zmínit **Bezpečnostní prvky**. Vzhledem k jejich důležitosti byly všechny plány údržby pro tyto části již dávno úplně zavedeny. Všechny prvky musí být kontrolovány, a to nejen kvůli legislativě, ale také kvůli striktním podnikovým směrnicím. Při bližší inspekci jsem neidentifikoval žádné zjevné nedostatky. Ty nejdůležitější akce pro zaručení jejich správné funkce jsou navíc definovány v AM údržbě. Vzhledem k těmto skutečnostem nepovažuji za nutné se jim v práci více věnovat. Jejich vykonání budu ale zahrnovat ve zvoleném slotu probíraném v následující kapitole. Níže uvádím výpis prvků, které mají vliv na bezpečnost a nebyly již dříve zmíněny:

- Přechody a jejich zámky.
- Optické závory.
- Uzemnění.

#### 5.4.1 Návrhy zlepšení zavedených systémů

Popsané nevýhody zařízení paletové dálnice se nejvíce projevují v této části práce. Její velikost, relativně nebezpečný pohyb uvnitř, a především omezený čas, kdy není v provozu. To jsou hlavní důvody, proč je většina artiklů v tab. 7 označena jako neúplné. Kritickým faktorem je zde především čas.

Provoz dálnice se mění podle toho, zda vyrábí všechny linky, není plánovaná či neplánovaná odstávka a kolik a jaké linky jsou aktivní. Lze kalkulovat s časem na údržbu v provozu dálnice 2 h ve středu, kdy jsou dvě linky, operující jinak prakticky nepřetržitě, mimo provoz. Času je někdy více a někdy i tento předpokládaný čas chybí. Z pohledu plánování údržby se budu soustředit na 2 h týdně. Interval mazání řetězových dopravníků byl výrobcem stanoven na 6 měsíců. Po dohodě jsme vzhledem k vytížení řetězů a jejich kritické roli při přepravě, a i s ohledem na poškození řetězových kol pohonných hřídelí, stanovil interval délky 4 měsíců. Většina akcí údržby byla nastavena dle manuálu vytvořeného výrobcem dálnice na periodu 3 měsíců.

2 hodiny týdně po dobu 3 měsíců je původní okno, ve kterém je potřeba provést všechny akce plánované údržby. Plán je takový, aby údržbu byl schopen provádět jeden člověk. U bezpečnostních prvků je ovšem v rámci procedury vyžadováno provedení dvěma osobami.

Elektro prvky jsou zkoumány elektro týmem, a jelikož určují údržbu pro jednoho pracovníka, tak ji do tohoto prostoru nezahrnuji. Pro jednoduchost a snížení počtu údržeb rozdělím všechny zmiňované body do dvou kategorií: kontrola a mazání.

- **Kontrola:** Veškeré akce kontroly budou řešeny formou údržby po inspekci, vzhledem k omezenému času v prostoru dálnice a jejich rozdílné výdrži. Je ovšem potřeba počítat s časem i pro nápravné akce údržby v případě nalezení defektu.
- **Mazání:** Mazání je zdouhavé, neefektivní a nebezpečné. Snahou v mé práci bude navrhnout systém, který by mazání v prostoru dálnice úplně eliminoval.

Pro většinu akcí kontroly i mazání bylo pro její úplné zavedení potřeba vytvořit pouze plánované akce, tzv. karty, které se zavádějí do systému SAP. S tím souvisí také vhodný popis jednotlivých úkonů operace. Pro snížení počtu vstupů do zařízení jsem opět rozdělil všechny akce podle částí, na kterých se provádějí. Tyto tři části jsou válečkové dopravníky, řetězové dopravníky a překladače. Všechny ostatní prvky jsou buď bezpečnostní, nebo adresované v AM údržbě. Budeme-li předpokládat původní nastavení v systému u úplných a neúplných akcí, získáme následující tabulku:

Tabulka 8: Původní časy pro činnosti plánované údržby.

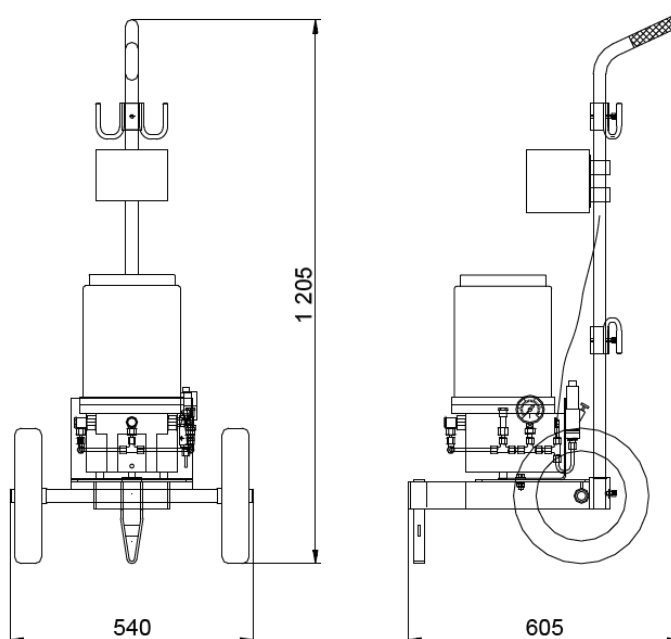
	počet [-]	čas [h]	Perioda [měsíců]	celkem /3 m
<b>Překladače</b>	9	1,5	3	13,5
<b>Etikety</b>	1	1	3	1
<b>Přechody</b>	3	1	3	3
<b>Válečkové D.</b>	4	1,5	6	3
<b>Řetězové D.</b>	11	1,5	4	12,375
<b>Bezpečnost</b>	9	0,75	3	6,75
<b>Celkem [h]</b>				39,625
<b>Volný prostor [h]</b>				26

Kromě zmíněných 3 kategorií se v tabulce vyskytují další 3: bezpečnost, přechody a etikety. Bezpečnost a přechody jsem již adresoval. Etikety odkazují na kontrolu výšky aplikace etiket pro následné načítání v dálnici. Činnost údržby jako taková je to jednoduchá. Vzhledem k její periodě a náročnosti jsem neshledal žádné potřebné akce k eliminaci.

Je jasně viditelné, že se v současném stavu obtížně stíhají všechny body údržby. Jednou možností je jejich rozdělení mezi více osob. Druhá možnost je snížení času zavedením

zlepšení. Přestože je rozdělení mezi více osob stále možností, kterou by jistě daný technik starající se o dálnici uvítal, budu se soustředit na zlepšení.

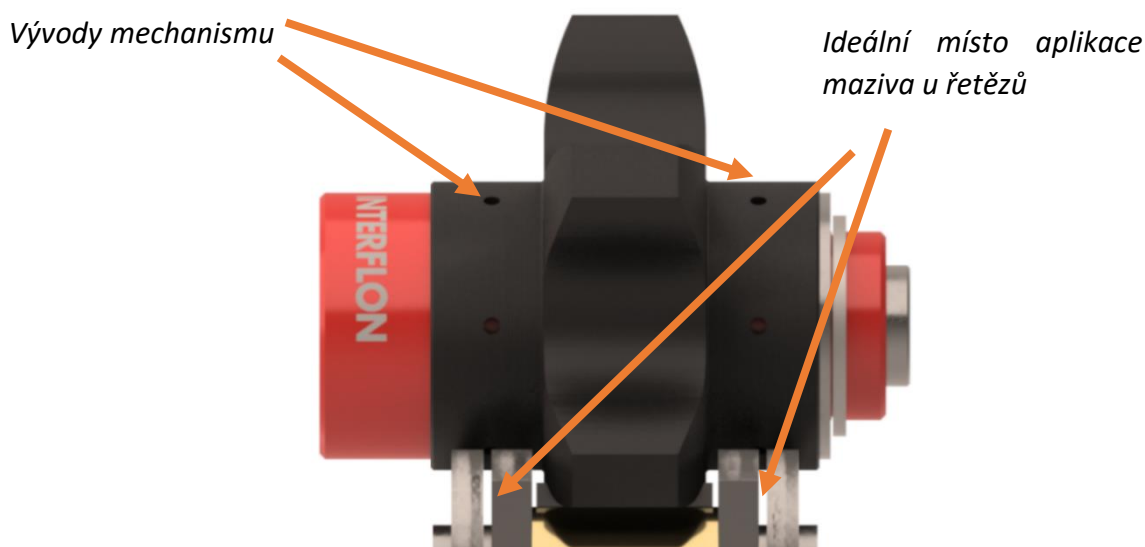
Bez ohledu na absenci přesného měření dat o času potřebném pro provádění všech bodů údržby, mohu na základě pozorování i podstaty věci vyhodnotit, že **mazání** je nejnáročnější operace ze všech popsaných činností, a to jak časově, tak ergonomicky. Zároveň se dá nejnáze automatizovat. Zbytek této kapitoly budu tedy věnovat především zefektivnění procesu mazání. Mazání řetězů ručně štětcem je zdlouhavé a navíc nerovnoměrné. Zaručit se musí promazání celého řetězu, a to v relativně krátkém čase. Jasným směrem je jeho částečná automatizace. Částečná z toho důvodu, že dálnice je velká a perioda mazání je dostatečně dlouhá na to, aby se nemusel zavádět automatický dávkovač uvolňující mazivo v čase. Namísto toho se využije přenosný vozík, který bude zdrojem natlakovaného maziva. Ten se bude připevňovat k jednotlivým mazacím místům, jejichž vývody budou u pletiva vedle rozvaděče. Vozík distribuovaný firmou CEMatech Hennlich s.r.o. má označení AM203 a využívá elektrické pístové čerpadlo LINCOLN P203. Dodávání množství maziva je výrobcem stanoveno na  $12 \text{ cm}^3/\text{min}$ . Množství není největší, ale je dostatečné pro namazání dvanácti řetězů současně v rozumném čase. Pro větší množství by se k mazacím vývodům musel ještě instalovat zdroj tlakového vzduchu pro využití alternativy s pneumatickým čerpadlem.



Obrázek 32: Schéma vozíku s mazivem AM203 z katalogu distributora CEMatech Hennlich s.r.o..

Pro zaručení rovnoměrné aplikace maziva na nejvhodnější místo řetězu (obr. 34) u **řetězových dopravníků** je potřeba vytvořit vhodný vývod. Nejprve jsem prozkoumal několik variant. První variantou bylo využití rotační štětky, která by nanášela mazivo na otáčející se řetěz. Umístění by bylo vedle pohonného řetězového kola na spodku každého řetězu dopravníku. Výhodou by byla jednoduchost a snadné získání náhradních dílů, jelikož podobná řešení jsou u mazání běžná. Jasnou nevýhodou je ovšem přesunutí kontaminace mazivem z vršku dopravníku na jeho spodek. Navíc vzhledem k velikosti zařízení je potřeba mazat několik bodů najednou a doba, po kterou by trvalo nasycení štětky pro mazání řetězu, by byla zdlouhavá při využití vozíku s elektrickým čerpadlem (v kombinaci s únikem maziva spodem štětky).

Druhou variantou je využití mechanismu od firmy Interflon zvaného Rotalube, který můžeme vidět na obr. 34. Tento mechanismus má naprostou výhodu v přesnosti aplikace. Jedná se o ozubené kolo s vývody umístěnými na vhodném místě, které aplikují malé množství maziva. Tato varianta je nejlepší z pohledu kvality provádění a omezení kontaminace. Umístění mechanismu je ale problematické. Vyžadování pohybu po řetězu z horní části znamená, že se zařízení musí umístit v pevné konstrukci dálnice. To je velmi invazivní proces, který navíc snižuje nosnost konstrukce. Další zjevnou nevýhodou je vysoká cena, která se při aplikaci na celém zařízení značně projeví.



Obrázek 33: Mechanismus Rotalube od firmy Interflon a ukázka ideálního místa aplikace maziva na řetězu.

Obě varianty mají svoje výhody a nevýhody. Pro vytvoření optimálního řešení si podle nich stanovím určitá kritéria:

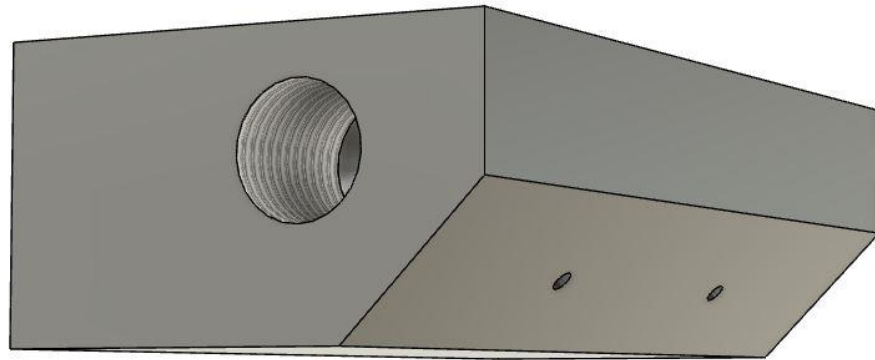
- neinvazivní aplikace,
- mazivo aplikováno na správné místo řetězu,
- kontaminace je malá a převážně na dopravníku,
- nízká cena.

Pro neinvazivní aplikaci je potřeba najít místo, kde není konstrukce dopravníku, ale zároveň je pod přepravní rovinou. Zkouška mechanismu rotalube ukázala, že mazivo musí dopadat z vrchu na zařízení, nikoliv z boku, což je důležité pro snížení kontaminace. Navíc při vhodném umístění vývodů lze výrazně snížit množství využitého oleje. Pro nízkou cenu je potřeba navrhnout novou strojní součást, která bude jednoduchá na výrobu a zároveň se vejde na vhodnou pozici.

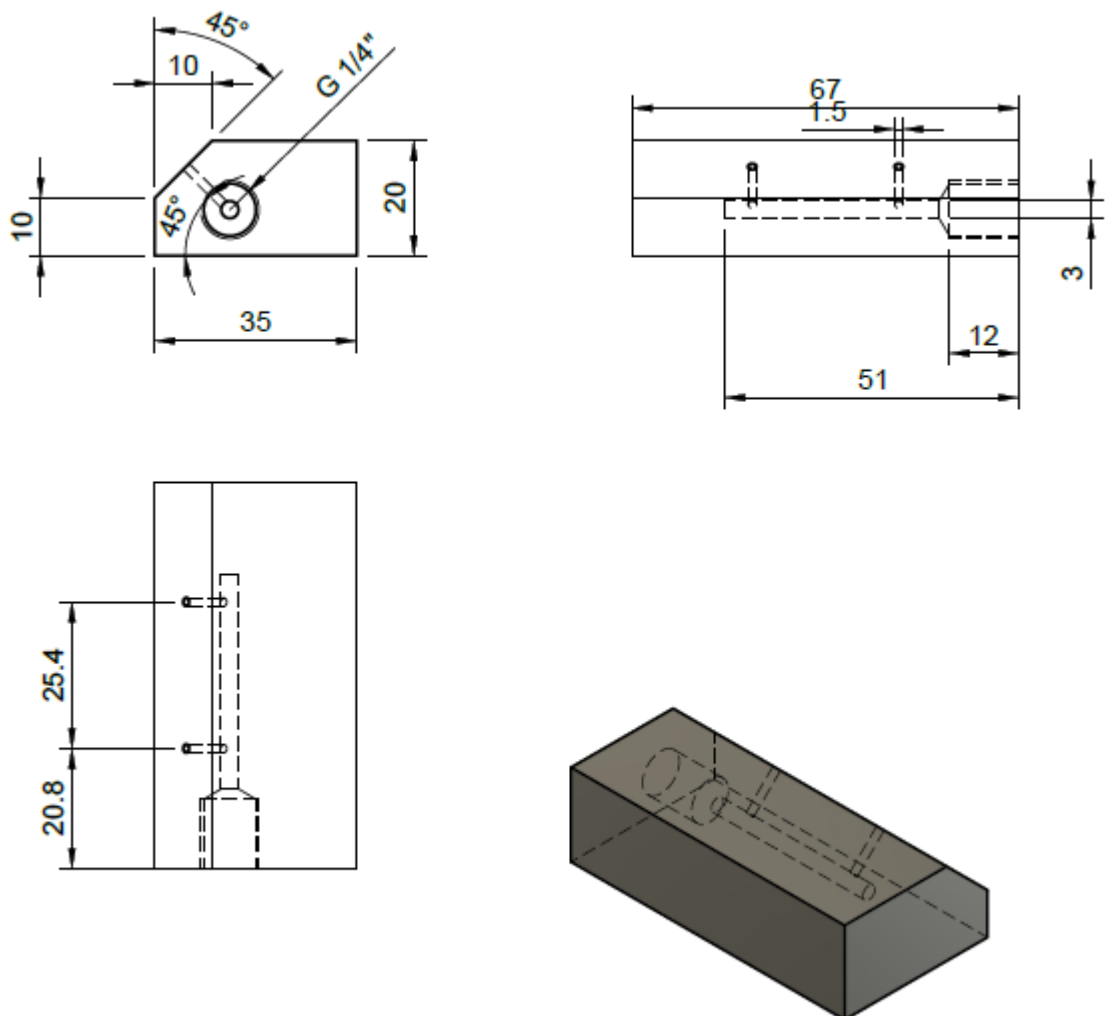


*Obrázek 34: Vhodná pozice umístění mazacího vývodu.*

Jako vhodné umístění jsem identifikoval převáděcí pozici. Na této pozici klesnou řetězy při ovíjení řetězového kola. Na místě je tedy oblast, která je pod přepravní rovinou, ale aplikace je pořád pod úhlem menším nebo rovným  $45^\circ$ . Při změření volného prostoru a rozteče dvou identifikovaných ideálních míst pro aplikaci maziva na řetězu jsem byl schopen navrhnout vývod, který lze vidět zde:



Obrázek 35: Model vývodu.



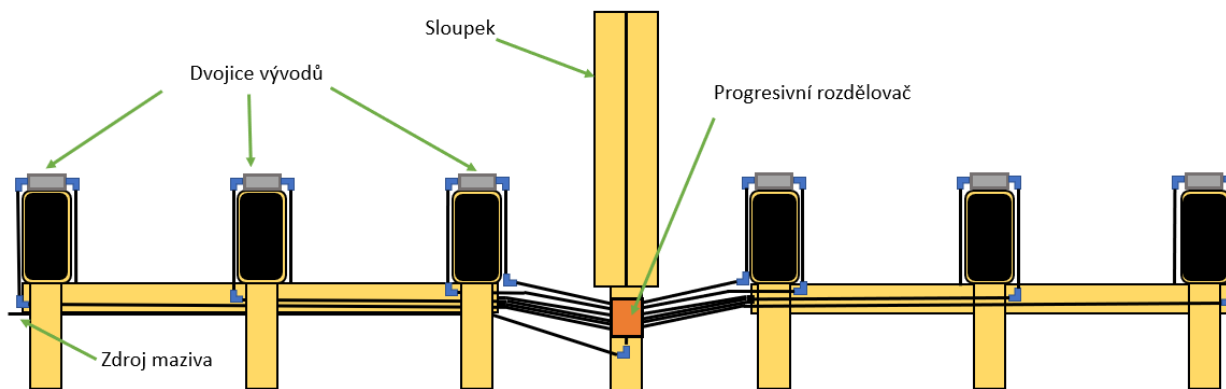
Obrázek 36: Rozměry vývodu.



Vývod bude se zbytkem obvodu spojen pomocí šroubení s nástrčným zakončením pro snadnou montáž a demontáž hadiček s mazivem. Pro montáž vývodu ke konstrukci dopravníku jsem definoval dvě možnosti. Obě mají zjevné výhody a nevýhody, a využití jedné či druhé je třeba více testovat.

- **Lepení:** Využití lepidla od firmy DEN BRAVEN jsem konzultoval s jejich zákaznickým servisem. Bylo mi pro tuto aplikaci doporučeno lepidlo Mamut Total s vysokou pevností. Kryty viditelné na obr. 35 jsou z mosazi, samotný vývod jsem navrhl ze slitiny hliníku skupiny 6000. Oba tyto povrchy jsou pro lepidlo akceptovatelné. Výhodou řešení je naprostá jednoduchost aplikace, jelikož lepení jako takové trvá několik minut i s odmaštěním, jen vyžaduje dobu až 10 dní pro plné ztuhnutí při tloušťce 2,5 mm. Podle výrobce by měl ovšem přilepený komponent držet na pozici již po několika hodinách. Nevýhoda z toho vyplývá náchylnost k odjímání vývodu při kontaktu s paletou nižší kvality v případě degradace lepidla či lepené plochy (mastnota, nedostatečná adheze).
- **Závitový spoj:** vrtání děr s prohloubením pro kuželovou hlavu šroubu do vývodu a vyříznutí závitů do mosazných krytů umožňuje montáž závitovým spojem. Tento spoj jsem testoval a je jistě spolehlivější. Jeho nevýhodou je ale dlouhodobá montáž a potřeba přesnosti montáže závitů dvou děr.

Jak jsem již zmínil, na jeden mazací vývod u pletiva bude připadat 12 řetězů. S firmou CEMAtch Hennlich s.r.o. jsme společně navrhli neoptimálnější rozvodný systém. Ten se skládá z běžného větvení hadic viditelného na schématu obr. 38, připojeného do progresivního rozdělovače. To je zařízení, které chytrým mechanismem rozvádí stejné množství maziva do několika větví obvodu. Upevnění hadic jsem naplánoval pomocí stahovacích pásek na spojovacích nosnících konstrukce dopravníků, opět pro lehkou montáž.



Obrázek 37: Schéma větvení mazacího obvodu od progresivního rozdělovače.

Vzhledem k tomu, že mazací obvod a tlakový vozík jsou relativně drahé záležitosti, musel jsem přistoupit k testu s prvky pro rozvod tlakového vzduchu. Ty nejsou přizpůsobeny ani materiálem ani maximálním tlakem na takovou aplikaci. Pro demonstraci jsou ovšem dostačující. I přesto byla dostupnost některých prvků omezená, a proto nedošlo k testu celého systému mazání dvanácti řetězů najednou v čase pro jeho zhodnocení v této práci. Povedlo se mi ovšem otestovat jeden vývod s využitím natlakovaného maziva ve spreji.



Obrázek 38: Mazací vývod na místě.

Na obrázcích lze vidět, že umístění otvorů je přímo nad ideálním místem aplikace maziva a je ve vzdálenosti maximálně 4 mm. Tato vzdálenost by v ideálním případě měla být nulová, ale takto dochází k zamezení zbytečného kontaktu a poškození řetězů s vývodem. Zároveň můžeme pozorovat, že vývod má horní rovinu cca 2-3 mm pod nejvyšším bodem řetězového kola. Při testu přejetí palety nedošlo k jejímu zachycení. Množství aplikovaného maziva jsem při testu korigoval pomocí škrťacího ventilu mezi hadičkami. Nerovnoměrný dodávaný tlak spreje neumožnil přesné určení kontaminace, jelikož docházelo k impulzivnímu uvolňování maziva. Při skoro uzavřeném ventilu byl ovšem tlak přesto dostatečný a mazivo, i když stále ve zbytečně velkém množství, bylo z většiny aplikováno na řetěz. Pokud nebylo

na řetězu nebo kluzném vedení, bylo alespoň na mosazné konstrukci dopravníku, což by například při využití aplikace štětkou nebylo dodrženo.



Obrázek 39: Test projetí palety.

Na závěr je třeba zhodnotit nejzjevnější výhodu tohoto řešení, a to je cena a rychlost aplikace. Samotný obvod maziva by byl pro všechny varianty stejný a vzhledem k návrhu zařízení se v této části systému nedá snadno určit a odstranit přebytečný prvek. Nejdražším prvkem tohoto obvodu je progresivní rozdělovač, jenž se musí precizně vyrobit. Ten je zásadní při rovnoměrné aplikaci maziva, a proto jej nelze odstranit. Ostatní části jako hadičky, klouby a upevnění zvyšují cenu spíše právě v důsledku velikosti dálnice.

Kde tato varianta exceluje je cena samotného vývodu. Cena rotační štětky se pohybuje kolem 2 000,- Kč. Cena mechanismu Rotalube je přibližně 4 000,- Kč. Cenu tohoto vývodu jsem získal v odhadu za 66,- Kč za kus v sériové výrobě 600 kusů.

Pro **překladače** je mazání o něco jednodušší. Vzhledem k mazacím hlavicím označeným v návodu od výrobce lze vytvořit obvod v podobném smyslu jako u řetězového dopravníku, ale bez navržených vývodů. Mazacích míst překladače je také 12, takže návrh obvodu i s rozdělovačem je téměř totožný, jen se přizpůsobí prostoru překladače. Samotné mazání

by bylo opět dodáváno vozíkem. Vzhledem k tomu, že řetězy jsou mazány olejem a překladače tukem, je vhodné pro jednoduchost využít vozíků dvou, nebo konzultovat s dodavatelem možnost vyměnitelného zásobníku.

U **válečkových dopravníků** jsem provedl inspekci jejich stavu. Tyto řetězy jsou, jak jsem již zmínil u autonomní údržby, zakryté konstrukcí ze všech stran. Proto jsem je našel při kontrole v namazaném a čistém stavu. Navíc jsem u 8 zkoumaných dopravníků nenalezl výrazné prodloužení smyčky. Zároveň v sekci RM18, která je z většiny tvořena válečkovými dopravníky, nelze identifikovat nadměrný hluk nebo sníženou plynulost pohybu. Zjistil jsem, že řetězům nebyla věnována pozornost od instalace zařízení, což je přibližně 4 roky. Z toho lze usuzovat, že i navzdory pokynům výrobce, nevyžadují řetězové dopravníky důkladnou údržbu každých 6 měsíců. Instalace semi-automatického mazání je tedy z mého pohledu nelukrativní, jelikož řetězových smyček je velmi mnoho.

Podívejme se znovu na tab. 8 a upravme ji s odečtem času potřebného na mazání. To by se teď mělo u řetězových dopravníků a překladačů provádět za provozu, a proto tento čas není třeba počítat do mnou nastaveného okna. U mazání řetězových dopravníků jsem jako stanovení času na provedení použil dvě zastavení zařízení z databáze. Stopy měly čas 44:51 min a 38:42 min. Při přičtení rezervy z nezkušenosti běžného pracovníka a celkového zaokrouhlení jsem stanovil mazání na 1 hodinu celkové údržby řetězových dopravníků. U překladačů jsou data obdobná. Odstranění potřeby bližší kontroly smyček a posunutí času kontroly z půl roku na roky 2 získáme další čas při řešení válečkových dopravníků. Ostatní body zůstávají beze změny. Upravená tabulka by po těchto změnách vypadala takto:

*Tabulka 9: Výsledný předpokládaný čas potřebný na činnosti plánované údržby.*

	počet [-]	čas [h]	Perioda [měsíců]	celkem /3m
<b>Překladače</b>	9	0,5	3	<b>4,5</b>
<b>Etikety</b>	1	1	3	<b>1</b>
<b>Přechody</b>	3	1	3	<b>3</b>
<b>Válečáky</b>	4	1	24	<b>0,5</b>
<b>řetězáky</b>	11	0,5	6	<b>2,75</b>
<b>Bezpečnost</b>	9	0,75	3	<b>6,75</b>
		<b>Celkem</b>		<b>18,5</b>
		<b>Volný prostor</b>		26

Při zavedených zlepšeních se nám snižuje celkový čas na údržbu na 18,5 h za 3 měsíce. Díky tomu jsme v limitu mnou určeného okna s rezervou 7,5 h. Vytvořil jsem tedy hypotetický kalendář, kde jsem umístil jednotlivé činnosti do zvoleného prostoru. Rozdělení činností je v blocích, což vnímám jako pozitivní pro pracovníky údržby, kteří si tak mohou nastavit jednotlivá období v mém intervalu.

Tabulka 10: Návrh rozložení činností plánované údržby v určeném intervalu.

	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2		
	1. Měsíc								2. Měsíc								3. Měsíc									
1	B10		B112						1	B21		E						1	R1		R2					
2	B13		B14						2	P13		P14		P156					2	R3		R4				
3	B15		B167						3	P17		P1819		P20					3	C2		V				
4	B189		B20						4	P21		P10		P112					4	C3						
																		5	C1							

Kde čísla reprezentují jednotlivé sekce a písmena jsou podle této legendy:

B	Bezpečnost
C	Přechody
E	Etikety
V	Válečkové dopravníky
R	Řetězové dopravníky
P	Překladače

Na závěr je důležité zmínit, že se u většiny plánované údržby jedná o inspekční akce, a tedy údržbu po inspekci. Časová náročnost samotné údržbové akce je výrazně větší. Přesné určení není změřeno, ale získal jsem informace o tom, že většina akcí vyžaduje minimálně 2 hodiny v provozu. V budoucnu by tak stálo v rámci PM údržby za zvážení přidělení prostoru pro zkoušku a časování jednotlivých úkonů, které by se následně mohly optimalizovat a provádět tak i mimo dvou hodinové týdenní okno. Pro takové zkoumání je potřeba čas, který, jak jsem již několikrát zmínil, v provozu dálnice není k dispozici.

### 5.4.3 Možnosti využití prediktivní údržby

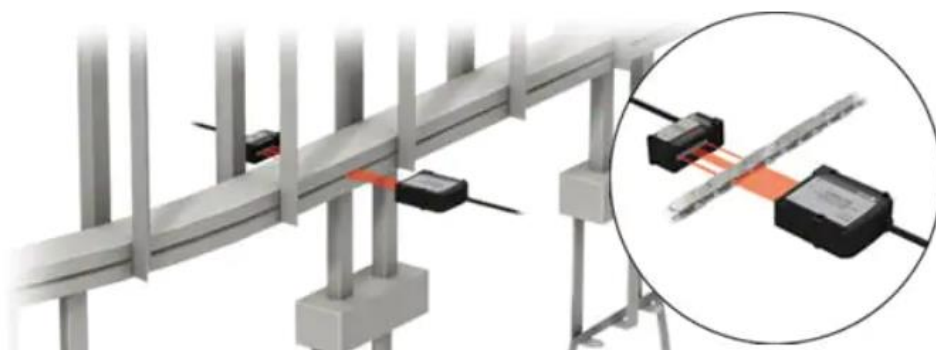
Prediktivní údržba staví na myšlence, že jakýkoliv efekt má svoji fyzikální podstatu a kontrolou změny fyzikálních veličin v čase lze pozorovat možnou poruchu ještě před její manifestací. Prediktivní údržba v tomto smyslu tedy figuruje jako náhrada člověka při činnostech inspekce a rovnou informuje o potřebě výměny. Při dobře zvolených parametrech lze dokonce využít i pozorování na pozdější předpověď pravděpodobné příčiny, která je následně předána automaticky jako nápověda pracovníkům údržby.

Pro fungování prediktivní údržby je potřeba mít následující části kontrolního systému: měřicí prvek, zpracovávající PLC, SQL server jako databáze a následně vyhodnocovací systém. Ve firmě se již aktivně využívá systém zvaný ACM, který monitoruje právě změřená data a může informovat o případných nápravných akcích. Klasickým příkladem je růst teploty, napětí, snížení rychlosti či změna tvaru. Systém zpracování dat jako takový má tedy ve společnosti základ, a proto je u tohoto případu potřeba pouze vyřešit, jakým měřicím prvkem se data budou vyhodnocovat a případně jaké jsou limity pro potřebný zásah.

Z předchozí kapitoly si tedy vyberu prvky, které lze kontrolovat a jejichž kontrola by se dala automatizovat. Ve většině případů se opět bude jednat o řetězové dopravníky. Výběr určuji podle dostupných zdrojů, kde jsem našel několik již zavedených poznatků, anebo i přístrojů pro měření daných veličin. Opět se setkáváme s problémem velikosti dálnice. Kromě frekvenčních měničů či využití počítadla sepnutí čidel je obtížné instalovat nové senzory pro kontrolu na každý dopravník zvlášť.

#### **Prodloužení řetězu**

Prodloužení řetězu se podle zdroje [32] projevuje vibrační řetězového kola. Z toho důvodu lze využít možnosti měření vibrací pomocí piezoelektrických senzorů nebo akcelerometrů. Instalace senzorů by měla být co nejbližší místu výskytu. Jako takové se nabízí využití mosazných krytů na převáděcích pozicích, případně na odhalené konstrukci pod řetězovým kolem pohonné hřídele. Společnost Keyence corporation [33] ovšem nabízí přímo řešení postavené na zapsaných principech, které měří pomocí laseru mezery mezi jednotlivými články a kontinuálně tak upravuje stav řetězu v závislosti na všech jednotlivých člancích.



*Obrázek 40: řešení měření prodloužení řetězu od firmy Keyence. [33]*

### **Stav motoru**

Pro kontrolu stavu motoru je možné využít frekvenčních měničů. Při analýze možných informací získatelných z instalovaných měničů jsem zjistil, že jedinou možnou hodnotou, kterou měnič poskytuje PLC, je rychlost dopravníků. Při hledání možnosti využití jsem ovšem neobjevil situaci, kde by změna rychlosti byla průkazná, vzhledem k frekventované změně pohybu při cestování dálnice. Průkaznou veličinou by bylo napětí, jehož zvýšená hodnota by mohla indikovat potřebu výměny součásti. Jak jsem ovšem již deklaroval, vznik přetížení může být všestranný a úroveň odpojení dopravníku je podle dostupných informací dostatečně nízká na to, aby nezasáhla motor (je určována frekvenčním měničem pod úroveň přetížení jeho samotného). Z toho lze usoudit, že informace o vstupujícím napětí by neumožňovaly lépe rozpoznat nastávající problém oproti momentálním kontrolám. Na druhou stranu lze ovšem znovu využít senzorů pro kontrolu teploty, jelikož zvýšená teplota je podle výrobce ukázkovou veličinou stavu pohonu.

### **Stav zdvihu překladače**

Během pozorování zařízení jsem byl schopen určit, že díky návrhu zdvihu se často dostává překladač do bodu, kdy začne vrzat. Toto vrzání vzhledem ke tření dvou kovových částí s nákladem několika stovek kilo je do určité míry nevyhnutelné, ovšem přirozeně indikuje nedostatečnou lubrikaci mechanismu. Chceme-li eliminovat potřebu fyzické kontroly zdvihu během AM kroku 5, lze využít mikrofónů se schopností měření decibelů. Ty by se instalovaly na spodní nehybnou konstrukci zdvihu do blízkosti hlav zdvihu.



## 6. Závěr

Moje práce byla zaměřena na návrhy a způsoby zavedení zlepšení systémů údržby a návrhy zlepšení pro odstraňování ztrát na zařízení paletové dálnice. Definované systémy údržby je následně potřeba zhodnotit z pohledu kvality, bezpečnosti a ergonomie práce. Účelem práce bylo popsat funkci zařízení a ukázat možnosti využití a aplikace často využívaných moderních postupů údržby a automatizace pro zlepšení spolehlivosti se specifickým využitím pro paletovou dálnici. Nejprve jsem definoval směry, kterými se systémy údržby řídí a popsal jsem celkovou funkci dálnice. Funkci zařízení jsem zhodnotil na mechanické úrovni jako v zásadě jednoduchou, ale současně jsem jako omezující faktor pro veškeré inovace určil velikost tohoto zařízení.

Z pohledu kvality jsem definoval vliv dálnice na výsledný stav palet. Ty se při své základní omezené kvalitě vzniklé recyklací použitých palet zachycují o části zařízení, a tím tak prohlubují svoje nedostatky. Bezpečnost a ergonomie práce v zařízení je také značně omezována množstvím elektrických a pohyblivých částí, a především díky vysoké šanci pádu a nárazu do jednotlivých nosníků konstrukce zařízení, drátů a jejich žlabů.

Definoval jsem kontrolu zastavení zařízení na základě předloženého manuálu a předchozích zkušeností. Vlivem pozorování jsem doplnil databázi o často se objevující problémy, které nevyplývají ze samotné nápravné akce, jako je například znečištění čidel, reset PLC a vady pohonů. Následně jsem zhodnotil data získaná v horizontu šesti měsíců a 3 týdnů s detailním popisem. Na základě toho jsem určil, že na zařízení se celkově objevuje několik problematických případů, které jsou výrazně specifické pro sekci, ve které se nacházejí. Jako jeden z důležitých aspektů, které ovlivňují proces údržby a řešení problematických situací, jsem vyhodnotil rozdílný přístup operátorů k řešení problémů vzniklých v paletové dálnici oproti ostatním zařízením, kde často dochází k nucené manipulaci s paletami, před snahou o rozpoznání příčiny.

Přestože se nejednalo o nejčastější problém, určil jsem případ otáčení a následného zasekávání palet o prvky dálnice jako výrazný problém, jelikož jeho následné řešení má velice negativní dopad ve všech zkoumaných směrech (kvalita, bezpečnost, ergonomie, spolehlivost). Pro jeho řešení jsem pomocí analýzy 5x proč určil, že nelze jednoznačně odstranit závadu a přistoupil jsem k nápravnému řešení s využitím automatizace.



Pomocí kamerových systémů a měření jsem definoval vzdálenosti vzniku dané abnormality a aplikoval je pro umístění čidla na dopravníku. Toto čidlo pak pomocí funkce navržené ve spolupráci s firmou TMT Chrudim s.r.o. vytvářelo systém srovnávání palet o zarážku dopravníku. Při testu systému došlo k úspěšnosti 99,2 %, kde u 1048 zkoumaných palet došlo pouze k 8 chybám. Tyto jsem následně identifikoval jako vzniklé vlivem špatného užití čidla na bázi ultrazvukového signálu, a určil jsem vhodné alternativy pro odstranění závady.

Z pohledu autonomní údržby jsem zhodnotil dosavadní stav postavený na využití kontraktu s úklidovou firmou. Tento systém umožňuje využití prostoru v provozu dálnice ve dnech pracovního klidu. Z podstaty fungování zavedeného systému, jsem tento přístup určil jako nejlepší možnost pro autonomní využití. Zhodnotil jsem ovšem několik aspektů údržby a definoval jsem možnosti optimalizace úklidu využitím rozdělení činností a úklidu kritických prvků v dobách provozu. Samotné návrhy hodnotím jako prospěšné z pohledu spolehlivosti především v prostorách výstupu z linek.

U plánované údržby jsem objevil nedostatek prostoru v dálnici. Ten jsem určil pomocí předem definovaných časů potřebných na provedení činností a analýzou provozu dálnice. Stanovil jsem, že je vhodné předpokládat provoz dálnice ve všední dny jako nepřetržitý. Jedinou výjimkou je středa, kde je provoz omezený a po dobu cca 2 hodin je naprosto přerušen vlivem interního nastavení procesů organizace. Daný časový prostor jsem následně definoval jako okno pro údržbu a sestavil jsem systém, při kterém lze teoreticky dosáhnout všech stanovených akcí údržby. Většinu prvků plánované údržby jsem vytvořil ve smyslu údržby po inspekci s intervalem provádění tří měsíců. Jako problematickou část tohoto systému údržby jsem odhalil mazání. Následně jsem tedy vytvořil systém semi-automatického mazacího obvodu, který využívá přenosného vozíku s elektrickým čerpadlem, jako zdroje maziva. Během projektování mazacího obvodu jsem identifikoval problematické umístění vývodu maziva. Proto jsem vytvořil variantu vhodnou speciálně pro aplikaci v prostoru paletové dálnice. Realizovaný vývod předpokládá využití při mazání řetězových dopravníků, které jsou marginálním prvkem dálnice z pohledu údržby. Podobný systém distribuce maziva jsem definoval i u překladačů, s tím rozdílem, že tyto mají vývod přímo do mazacích prvků ložisek. Samotný obvod jsem navrhl ve spolupráci se společností CEMAtch Hennlich s.r.o.

Mnou navržené a testované postupy mají pozitivní vliv na celkovou bezpečnost práce (provozu) díky omezení nebo racionalizaci pohybu v prostorách dálnice. Stejný efekt

je pak viditelný i na ergonomii práce. Z pohledu kvality palet lze hodnotit navržené změny pomocí systému zavedeného ve společnosti Procter & Gamble pro hodnocení kvality. Přestože se v prostorách dálnice následně nesleduje, předpokládám, že snížení kontaminace a zásahu operátora v provozu dálnice bude mít mimo jiné pozitivní vliv na finální stav palety, a to jak celkového balení, tak především kvality dřeva, čímž současně dojde i k eliminaci znečištění paletové dálnice.

## Zdroje

- [1] Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Procter & Gamble Company". *Encyclopedia Britannica*, 30. dubna 2021 [online] [cit. 8-6-2021] Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/Procter-and-Gamble-Company>
- [2] Pohlednice z minulosti: Rakona ve dvacátém století. *Rakovnický deník* [online]. 5.5.2019, 2019 [cit. 2021-6-8]. Dostupné z: [https://rakovnicky.denik.cz/zpravy\\_region/pohlednice-z-minulosti-rakona-ve-dvacatem-stoleti-20190429.html](https://rakovnicky.denik.cz/zpravy_region/pohlednice-z-minulosti-rakona-ve-dvacatem-stoleti-20190429.html)
- [3] *Procter & Gamble* [online]. [cit. 2021-6-8]. Dostupné z: <https://pg.jobs.cz/>
- [4] SOBEK, Ondřej. *Zmapování a zefektivnění údržbářských procesů ve společnosti*. Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku., 2017. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
- [5] VÉMOLA, Igor. *Systém údržby výrobní společnosti*. Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování., 2014. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Doc. Ing. František Helebrant, CSc.
- [6] ZAHRADNÍČEK, Lukáš. *Principy údržby metodou TPM*. Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky., 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Hana Opočenská.
- [7] ČSN EN 13 306. *Údržba - terminologie údržby*. 2. ed. Praha: Česká agentura pro standardizaci, RNDr. Jaroslav Matějčíček, CSc., 2018.
- [8] GULATI, Ramesh. *Maintenance and Reliability Best Practices*. 2. ed. Industrial Press, 2013. ISBN 978-0-8311-3434-1. [online] Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMRBPE001/maintenance-reliability/maintenance-reliability>
- [9] Autonomous maintenance Steps - Step 1 - Step 0. *Bussiness intustrial network* [online]. 2018 [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <https://bin95.com/am-steps-0-1.pdf>
- [10] STEPHANIDIS, Constantine, ed. *HCI International 2014 - Posters' Extended Abstracts* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2014 [cit. 2021-6-10]. Communications in Computer and Information Science. ISBN 978-3-319-07853-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-07854-0
- [11] Autonomní údržba. *SVĚT PRODUKTIVITY* [online]. 2016, 15.7.2016 [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: [https://www.gmprofi.cz/33/autonomni-udrzba-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox\\_Z5SC9NZRcmQrTmfciu4Hoa0/](https://www.gmprofi.cz/33/autonomni-udrzba-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z5SC9NZRcmQrTmfciu4Hoa0/)
- [12] Master plan. *Cambridge dictionary* [online]. [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/master-plan>
- [13] AO S. I. a kol. *World Congress on Engineering: Wce 2013: 3-5 july, 2013*, strana 715-720, *Imperial College London*, Londýn. Newswood Limited.
- [14] *Lean manufacturing: Autonomous maintenance* [online]. Kanada: Learnfast.ca [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <https://leanmanufacturing.online/autonomous-maintenance/2>

- [15] Lockout/Tagout within Construction. *Specification online* [online]. TSP Media, 2020 [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <https://specificationonline.co.uk/articles/2020-03-23/reece-safety-/lockout-tagout-within-construction>
- [16] "Cleaning is Inspection": Step 1 of Autonomous Maintenance. *Technology transfer services* [online]. [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <https://www.techtransfer.com/blog/cleaning-inspection-step-1-autonomous-maintenance/>
- [17] TAJIRI, Masaji a Fumio GOTOH. *Autonomous Maintenance in Seven Steps: Implementing TPM on the Shop Floor*. Productivity Press. ISBN 978-1-56-32721-96.
- [18] KUSCHEL, Torben. *Capacitated Planned Maintenance* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017 [cit. 2021-6-10]. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. ISBN 978-3-319-40288-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-40289-5
- [19] FAMFULÍK, Jan, Jana MÍKOVÁ a Radek KRZYŽANEK. *Teorie údržby: učební texty*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [20] RICHTER, Klaus a Johannes WALTHER, ed. *Supply Chain Integration Challenges in Commercial Aerospace* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017 [cit. 2021-6-10]. ISBN 978-3-319-46154-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-46155-7
- [21] KIRAN, D. R. Chapter 11 - Kaizen and continuous improvement. *Work Organization and Methods Engineering for Productivity*. [online]: BSP Books Pvt., 2020, s. 155-161. ISBN 978-0-12-819956-5. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012819956500011X?via%3Dihub>
- [22] ORTIZ, Chris A. *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. CRC press, 2006. ISBN 9780849371875.
- [23] FIELD, Alan. *Implementing an Integrated Management System (IMS): The Strategic Approach*. IT Governance Publishing, 2019. ISBN 978-1-78778-125-2.
- [24] DE SAEGER, Ariane. *Ishikawa diagram*. Namur: 50MINUTES, 2015. ISBN 978-2-8062-6842-6.
- [25] DUFFY, Grace L. a Sandra L. FURTERER. Root cause analysis. *ASQ Certified Quality Improvement Associate Handbook*. 4. vydání. USA: American Society for Quality (ASQ), 2020, s. 188-192. ISBN 978-1-951058-12-8.
- [26] WALKER, H. Fred, Donald W. BENBOW a Ahmad K. ELSHENNAWY. Problem solving practices. *Certified Quality Technician Handbook*. 3. vydání. USA: American Society for Quality (ASQ), 2019, s. 22-24. ISBN 978-0-87389-976-5.
- [27] SERRAT, Olivier. *Knowledge Solutions* [online]. Singapore: Springer Singapore, 2017 [cit. 2021-6-10]. ISBN 978-981-10-0982-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-10-0983-9
- [28] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN isbn978-80-7261-186-7.
- [29] *Pareto chart* [online]. [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <http://www.pareto-chart.com/>

- [30] Buffer Definition. *ISixSigma* [online]. [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/dictionary/buffer/>
- [31] MÁLEK, Jan. *DOPRAVNÍ LINKA - PROJEKT LOTUS WAVE 2: Technická provozní dokumentace. Návod pro obsluhu a údržbu. ( strojní část )*. Chrudim: TMT spol. s.r.o. Chrudim, 2015.
- [32] Noise and vibration. *Chain guide* [online]. Tsubakimoto Chain Co., 1995 [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <http://chain-guide.com/basics/2-2-5-noise-and-vibration.html>
- [33] Continuous Measurement of Chain Elongation. *Manufacturing IoT essentials: Introducing sensor networking examples* [online]. KEYENCE CORPORATION [cit. 2021-6-10]. Dostupné z: <https://www.keyence.com/ss/general/iot-casestudy/installation-examples/automotive/elongation.jsp>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Logo P&G.	8
Obrázek 2: Pohled shora na výrobní závod Rakona.	8
Obrázek 3: Schéma rozdělení Autonomní údržby podle zdroje. [11]	12
Obrázek 4: Zobrazení zajišťovacích prvků procedury LOTO využívaných v podnicích. [15]	14
Obrázek 5: Graf závislosti poruch za měsíc na prováděném kroku AM údržby. [17]	18
Obrázek 6: Vývoj a využití systémů plánované údržby ve 20. století. [19]	22
Obrázek 7: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu po poruše. [19]	23
Obrázek 8: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu se zabezpečenou bezporuchovostí. [19]	24
Obrázek 9: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu se zabezpečenou bezporuchovostí s ohledem na věk součástí. [19]	25
Obrázek 10: Pravděpodobnost bezporuchového provozu v čase pro údržbu po prohlídce. [19]	26
Obrázek 11: Schématické znázornění zlepšení výkonu při využití Kaizenu. [21]	28
Obrázek 12: "Kaizenový deštník" zastřešující metody zlepšování procesů. [21]	30
Obrázek 13: Schématické znázornění procesu zlepšování v čase při využití PDCA.	31
Obrázek 14: Ishikawův diagram. [24]	32
Obrázek 15: Diagram reprezentující možný myšlenkový pochod během vytváření analýzy Five Whys. [25]	34
Obrázek 16: Zpracování dat Paretovou analýzou. [29]	37
Obrázek 17: Řetězový dopravník [31]	40
Obrázek 18: Válečkový dopravník [31]	42
Obrázek 19: Překladač [31]	43
Obrázek 20: Pneumatická zarážka [31]	43
Obrázek 21: Přechod. [31]	44
Obrázek 22: Strom možných příčin zavedený do systému kontroly stopů	50
Obrázek 23: Průměr stopů zařízení za 24 h v období 8 měsíců	51
Obrázek 24: Grafy stopů za 24 h ve zkoumaném období	53
Obrázek 25: Grafy stopů u jednotlivých sekcí dálnice sestupně s Lorenzovou křivkou	54
Obrázek 26: Diagram příčin a následků pro definovaný problém v sekci RM16.	58
Obrázek 27: Schéma analýzy 5x proč pro stáčení palet.	61
Obrázek 28: Detail zarážky. [31]	64
Obrázek 29: Schéma rozsahu čidla UM18 podle dokumentace výrobce SICK.	65
Obrázek 30: Mapa provádění čištění kritických prvků.	76
Obrázek 31: Měrka kritického prodloužení řetězu.	79
Obrázek 33: Schéma vozíku s mazivem AM203 z katalogu distributora CEMAtch Hennlich s.r.o.	82
Obrázek 34: Mechanismus Rotalube od firmy Interflon a ukázka ideálního místa aplikace maziva na řetězu.	83
Obrázek 35: Vhodná pozice umístění mazacího vývodu.	84
Obrázek 36: Model vývodu.	85
Obrázek 37: Rozměry vývodu.	85
Obrázek 38: Schéma větvení mazacího obvodu od progresivního rozdělovače.	87
Obrázek 39: Mazací vývod na místě.	87
Obrázek 40: Test projetí palety.	88
Obrázek 41: řešení měření prodloužení řetězu od firmy Keyence. [34]	91

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Počet stopů na 24 h všech sekcí ve zkoumaném období.</i>	53
<i>Tabulka 2: Naměřené hodnoty vzdálenosti krytí sloupků od okraje dopravníku z obou stran kolejí.</i>	62
<i>Tabulka 3: Hodnoty pozice palet z obou stran dopravníku a jejich odchylka od střední hodnoty 62,5 mm.</i>	63
<i>Tabulka 4: Seznam abnormalit pro čtyři definované prvky</i>	69
<i>Tabulka 5: Rozdělení prvků dálnice z pohledu čištění.</i>	73
<i>Tabulka 6: Teoretické rozdělení činností pracovníků provádějících čištění</i>	74
<i>Tabulka 7: Seznam prvků k plánované údržbě a hodnocení jejich dosavadního plánování.</i>	79
<i>Tabulka 8: Původní časy pro činnosti plánované údržby</i>	81
<i>Tabulka 9: Výsledný předpokládaný čas potřebný na činnosti plánované údržby</i>	89
<i>Tabulka 10: Návrh rozložení činností plánované údržby v určeném intervalu</i>	90